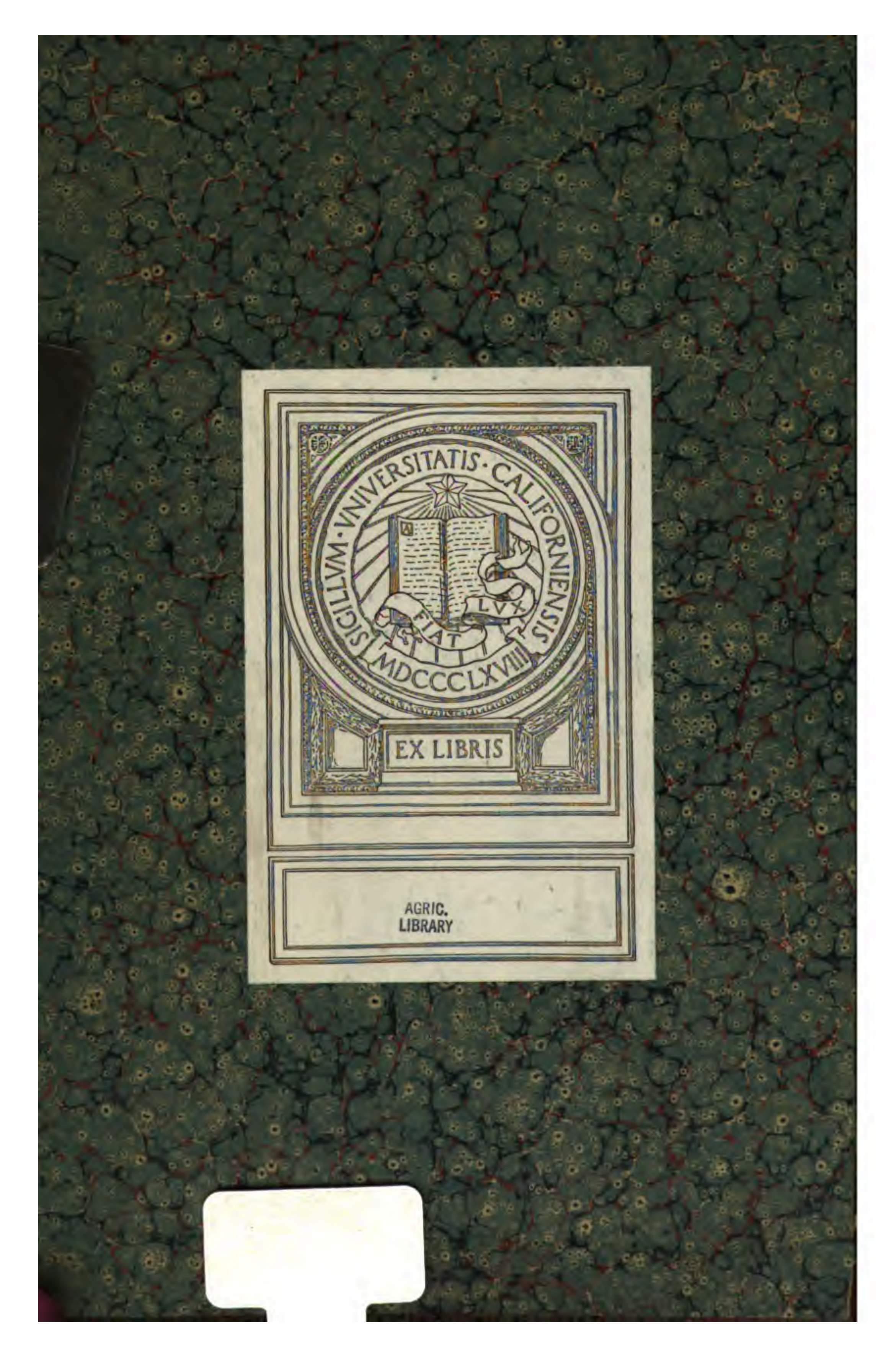

SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS



ANNALES
AGRONOMIQUES

ANNALES
AGRONOMIQUES

BOURLOTON. — Imprimeries réunies, B.

ANNALES
AGRONOMIQUES

PUBLIÉES SOUS LES AUSPICES

DU

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

(Direction de l'Agriculture)

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN

DOCTEUR ÈS SCIENCES, LAURÉAT DE L'INSTITUT
PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE
ET DE CHIMIE AGRICOLE A L'ÉCOLE DE GRIGNON

TOME DOUZIÈME

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, Boulevard Saint-Germain et rue de l'Éperon

EN FACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

1886

ANNALES AGRONOMIQUES

FIXATION DE L'AZOTE DANS LE SOL CULTIVÉ

PAR

M. H. JOULIE

Les remarquables études présentées par M. Berthelot à l'Académie des sciences, dans sa séance du 26 octobre dernier, par lesquelles il a été conduit à admettre la fixation de l'azote élémentaire de l'air dans les sables argileux sous l'influence d'organismes vivants, me décident à faire connaître des faits du même ordre, observés pendant le cours d'expériences de végétation que je poursuis depuis plusieurs années.

Ces expériences sont faites dans des pots en verre disposés de telle façon que rien ne puisse se perdre, autrement que par volatilisation.

Ces pots, légèrement coniques, ont $0^m,17$ de diamètre intérieur à la partie supérieure, $0^m,095$ à la partie inférieure et $0^m,15$ de hauteur. Ils sont munis, dans le bas, de quatre fentes latérales remontant jusqu'à $0^m,03$ du fond.

On place au fond du pot 500 grammes de verre cassé en fragments passant à un tamis dont les mailles ont $0^m,010$ de côté. On y introduit ensuite 1500 grammes de terre humectée par 150^{cc} d'eau distillée et additionnée des engrais nécessaires, puis on sème.

Le pot est placé dans une cuvette en verre (cristallisoir), de $0^m,20$ à $0^m,21$ de diamètre et $0^m,05$ à $0^m,06$ de hauteur, pouvant contenir environ 2 litres d'eau.

On verse dans la cuvette de l'eau distillée qui remonte par capillarité dans le verre cassé et, de là, dans la terre, l'entretenant cons-

tamment à un degré convenable d'humidité, sans qu'elle puisse jamais être trop mouillée, le verre cassé faisant fonction de drainage. Il suffit, pour obtenir l'humidité nécessaire à une bonne végétation, de maintenir dans la cuvette $0^m,02$ à $0^m,03$ d'eau distillée, ce qui se fait aisément en une seule opération par jour.

La hauteur de l'eau dans la cuvette ne doit jamais arriver à la hauteur des fentes latérales du pot qui doivent rester ouvertes dans le haut. Elles permettent ainsi à l'air de pénétrer à la partie inférieure du sol, condition essentielle de santé pour les racines.

Ces dispositions expérimentales ne sont pas nouvelles, elles ont déjà été employées, mais avec des pots de terre ou de porcelaine plus ou moins poreux et avec de la brique ou de la porcelaine concassée pour le drainage inférieur.

La porosité du pot et de la matière drainante a l'inconvénient de soustraire une partie des engrais dont les sels viennent se déposer à la surface extérieure du pot.

Pour comparer la composition primitive du sol à sa composition finale, il faut, alors, analyser la masse entière formée par le pot, la matière drainante et la terre contenue, ce qui complique beaucoup le travail, et diminue la valeur de certaines déterminations, la terre se trouvant appauvrie par les matières inertes du pot et du drainage.

C'est pour obvier à cet inconvénient que j'ai adopté le verre, qui permet de réunir, sans perte, tout ce qui ne s'est pas volatilisé pendant l'expérience.

A la fin, tout le système peut être placé dans une étuve où les matières se dessèchent complètement.

On vide le contenu sur un tamis qui laisse passer la terre et retient le verre cassé, qu'on débarrasse facilement de toute matière adhérente par un lavage à l'eau distillée. On lave de même le pot et la cuvette; les eaux de lavages sont évaporées, à sec, dans une capsule en porcelaine et le résidu de l'évaporation est mélangé à la terre extraite du pot.

C'est dans ces conditions qu'ont été faites les expériences dont j'ai à faire connaître les résultats.

En 1883 on a institué, en double, douze expériences de végétation dans une terre argilo-siliceuse de la Dombe provenant de Versailleux (Ain) et que je dois à l'obligeance de M. de Monicault.

La détermination de l'azote contenu dans cette terre, faite au moyen de la chaux sodée, avait donné :

	Dans 100 kilogr.	Dans 1kil,500
Azote....................	0kil,104	1gr,560

Les pots nos 1 et 2 n'ont reçu aucun engrais.

Tous les autres ont reçu les engrais suivants :

Nos 3 et 4. — Engrais minéral, 3gr,50 par pot contenant :

Potasse, 0gr,770 à l'état de sulfate et de chlorure.

Chaux, 0gr,555 à l'état de sulfate et de phosphate.

Magnésie, 0gr,105 à l'état de sulfate.

Acide phosphorique, 0gr,218 à l'état de phosphate bi-calcique.

Nos 5 et 6. — Le même engrais minéral plus 0gr,200 d'azote à l'état de nitrate de soude.

Nos 7 et 8. — Même engrais minéral que les précédents, plus 20 grammes, par pot, de carbonate de chaux.

Nos 9 et 10. — Même engrais minéral, plus 10 grammes par pot de chaux éteinte.

Nos 11 et 12. — Engrais minéral, sans phosphate (le même que pour les pots précédents mais dont on a supprimé le phosphate bicalcique), plus 0gr,200 d'azote à l'état de nitrate de soude.

Nos 13 et 14. — Engrais minéral, sans potasse (même composition, mais en supprimant les sels de potasse), plus 0gr,200 d'azote à l'état de nitrate de soude.

Nos 15 et 16. — Fumier de ferme desséché à l'étuve, 18gr,72 par pot, contenant 0gr,400 d'azote (dosé par la chaux sodée).

Nos 17 et 18. — Même quantité de fumier de ferme, plus 20 grammes de carbonate de chaux.

Nos 19 et 20. — Engrais minéral, 3gr,50 comme aux nos 3 et 4, plus 0gr,400 d'azote à l'état de sang desséché.

Nos 21 et 22. — Mêmes engrais, plus 20 grammes de carbonate de chaux.

Nos 23 et 24. — Fumier de ferme, comme aux nos 15 et 16, plus les sels minéraux nécessaires pour ramener la composition minérale de l'engrais à l'égalité avec l'engrais minéral des autres essais.

Tous ces pots ont été placés sur une table, dans une serre à toit de verre et entourée d'un grillage métallique, de manière à protéger les plantes contre l'eau de la pluie et contre les déprédations des oiseaux, sans leur enlever le contact constant de l'air libre.

Le 30 juin on a semé dans chaque pot six grains germés de sarrasin.

Le niveau de l'eau dans les cuvettes a été entretenu avec de l'eau distillée sur du sulfate de cuivre et, par conséquent, exempte d'ammoniaque.

La végétation a marché avec des chances diverses et le 6 septembre on a fait la récolte, en coupant les plantes au rez de la terre. Les racines sont restées dans le sol.

Le 15 septembre on a semé, dans chaque pot, après avoir gratté la terre, un mélange de ray-grass et de trèfle hybride. Le ray-grass a végété lentement tout l'hiver et le trèfle hybride a presque disparu.

Au mois de mars 1884 on a coupé l'herbe et ressemé un peu de ray-grass et de trèfle.

On a fait une seconde coupe le 18 juin 1884.

Le 20 juin on a rajouté $0^{gr},100$ d'azote à l'état de nitrate de soude dans les pots 5 et 6 (engrais complet), 11 et 12 (sans phosphate), 13 et 14 (sans potasse).

Le 21 août 1884 on a fait une dernière coupe.

L'azote a été dosé dans toutes les récoltes et dans les terres qui les avaient portées.

La comparaison de toutes ces analyses m'a conduit, en fin de compte, aux résultats consignés dans le tableau I.

Je n'ai pas tenu compte, dans ces calculs, de l'azote apporté par les semences. Les six grains de sarrazin pesaient $0^{gr},127$ et contenaient azote $0^{gr},0023$, les semences de ray-grass et de trèfle hybride ont pu en apporter autant, soit en tout $0^{gr},0046$. Mais cette différence en plus, à l'entrée, se trouve largement compensée, à la sortie, par la perte inévitable de quelques feuilles de sarrasin emportées par le vent. Les résultats consignés dans le tableau ci-dessous sont donc aussi exacts qu'il est possible de les obtenir dans ce genre de recherches.

Les phénomènes ont presque constamment marché dans le sens d'une fixation d'azote dont l'intensité a varié entre des limites assez éloignées et qui est arrivée, dans une des expériences, jusqu'à $0^{gr},865$ pour $1^{kil},500$ de terre, soit $0^{gr},577$ par kilogramme.

La couche de terre contenue dans les pots ayant $0^{m},10$ d'épaisseur, environ, si l'on admettait que la même fixation se produisît sur un hectare, dans une couche de même épaisseur, dont le poids

TABLEAU I.

MOUVEMENT DE L'AZOTE DANS LES DOUZE EXPÉRIENCES SUR LA TERRE DE DOMBE.

NUMÉROS D'ORDRE.	ENGRAIS EMPLOYÉS.	AZOTE INTRODUIT par la TERRE.	AZOTE INTRODUIT par les ENGRAIS.	AZOTE INTRODUIT TOTAL.	POIDS TOTAL des récoltes SÈCHES.	AZOTE RETROUVÉ dans la TERRE.	AZOTE RETROUVÉ dans les RÉCOLTES.	AZOTE RETROUVÉ TOTAL.	AZOTE gagné OU PERDU.
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	.	gr.	gr.
1	Sans engrais	1.56	0	1.56	11.00	1.685	0.3658	2.0508	+ 0.4908
2	Minéral (sans azote)	1.56	0	1.56	13.45	1.719	0.3540	2.0730	+ 0.5130
3	Complet (azote nitrique) 0gr,300	1.56	0.300	1.86	19.10	1.895	0.5163	2.4113	+ 0.5513
4	Minéral + 20 grammes de carbonate de chaux	1.56	0	1.56	14.70	1.829	0.3390	2.1680	+ 0.6080
5	Minéral + 10 grammes de chaux éteinte	1.56	0	1.56	13.80	2.042	0.3834	2.4254	+ 0.8654
6	Complet moins le phosphate	1.56	0.300	1.86	14.42	1.599	0.4886	2.0876	+ 0.2276
7	Complet moins la potasse	1.56	0.300	1.86	8.80	1.825	0.3110	2.1360	+ 0.2760
8	Fumier de ferme = azote 0gr,400	1.56	0.400	1.96	14.35	1.752	0.3754	2.1274	+ 0.1674
9	Fumier de ferme + 20 grammes de carbonate de chaux	1.56	0.400	1.96	14.85	1.857	0.3679	2.2249	+ 0.2649
10	Minéral + sang = azote 0gr,400	1.56	0.400	1.96	17.95	1.759	0.5564	2.3154	+ 0.3554
11	Minéral + sang, + 20 grammes de carbonate de chaux	1.56	0.400	1.96	12.80	1.523	0.4234	1.9464	— 0.0136
12	Fumier complété	1.56	0.400	1.96	15.65	1.716	0.3814	2.0974	+ 0.1374

serait de 2000 tonnes, environ, on aurait un gain d'azote de 1144 kilogrammes.

Rapportée à l'hectare, en ne tenant pas compte du poids de la terre, mais seulement de sa surface, la fixation d'azote serait encore de 432 kilogrammes, le sol ayant eu, dans les pots en expérience, une surface de $0^{m2},02$.

Au cours actuel de l'azote dans les engrais (1 fr. 50 le kilogr. en moyenne), ces gains d'azote donneraient une valeur de 650 à 1716 francs à l'hectare, suivant la manière de faire le calcul.

Hâtons-nous d'ajouter que cette valeur n'est pas facilement réalisable, parce que l'azote qui se fixe ainsi dans le sol y prend des formes peu assimilables par la végétation.

Dans les études qui avaient eu pour but de résoudre le grand problème de l'origine de l'azote contenu dans les végétaux, on se bornait, autrefois, à comparer les quantités d'azote apportées par les engrais à celles contenues dans les récoltes.

Voyant une équivalence approximative entre ces quantités, on avait généralement admis que l'un était la source de l'autre, et, par conséquent, que l'air n'intervenait pas ou ne devait être compté que pour une contribution fort minime, explicable par les composés azotés (ammoniaque et acides azoteux ou azotique) qu'il renferme.

L'examen des terres de grande culture, avant et après une certaine période de végétation, comme l'ont fait MM. Lawes et Gilbert, en Angleterre, et M. Dehérain, en France, ne peut autoriser des conclusions définitives, car on doit toujours craindre que les échantillons examinés ne représentent pas exactement la composition moyenne du sol et que la couche échantillonnée ait perdu des composés azotés par le lavage des eaux pluviales ou en ait gagné, aux dépens du sous-sol, par l'ascension de l'humidité, pendant les sécheresses.

Dans mes expériences, rien de semblable n'est à redouter. L'eau d'arrosage ne lave pas le sol, elle y monte toujours par capillarité et si, parfois, il est nécessaire d'arroser les pots, pardessus, pour dissoudre une mince couche cristalline qui se forme à la surface, l'eau employée en excès est recueillie par la cuvette et les éléments utiles qu'elle contient ne peuvent échapper à l'expérience.

La réalité de la fixation d'azote est donc bien certaine en pré-

sence de l'argile, comme l'a constaté M. Berthelot. La présence de la végétation et la réalisation des conditions favorables au développement des plantes semblent donner au phénomène une intensité que n'a pas rencontrée M. Berthelot. Mais l'argile est-elle indispensable à l'accomplissement de ce phénomène?

En 1884 j'avais installé une nouvelle série de cultures de sarrasin dans du sable de Fontainebleau. Ce sable ne contenait pas d'argile et donnait, à l'analyse par la chaux sodée 0gr,0069 d'azote, ce qui conduit à 0gr,103, pour les 1500 grammes introduits dans chaque pot.

Les pots nos 1 et 2 ont reçu chacun 3gr,50 de l'engrais minéral indiqué ci-dessus.

Les pots nos 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ont reçu la même quantité d'engrais minéral, plus 0gr,300 d'azote à l'état de nitrate de soude, au début de l'expérience.

Les pots nos 11 et 12 ont reçu, toujours avec le même engrais minéral, 0gr,200 d'azote à l'état de nitrate de soude, en deux fois, 0gr,100 au début et 0gr,100 un mois après.

Les pots 13 et 14, mêmes dispositions, mais en remplaçant le nitrate de soude par du sulfate d'ammoniaque.

Les pots 15 et 16, toujours le même engrais minéral, plus 0gr,300 d'azote à l'état de sang desséché.

Les pots 17 et 18 ont reçu du fumier de ferme séché à l'air apportant 0gr,300 d'azote, plus la quantité d'engrais minéraux nécessaire pour que la composition minérale de l'engrais soit la même que dans les autres pots.

Enfin les pots 19 et 20 ont reçu, au début, la même quantité d'azote, soit 0gr,300 à l'état de matière végétale (foin) desséchée et pulvérisée, et, plus tard, 0gr,100 à l'état de nitrate de soude : comme pour le fumier, la composition minérale de l'engrais avait été complétée.

Le 25 mai on a semé dix grains de sarrasin germé dans tous les pots, excepté dans les pots nos 3 et 4, qui n'en ont reçu que cinq, et dans les pots 5 et 6 qui en ont reçu quinze.

Le 16 septembre on a fait la récolte en coupant les plantes au rez du sol. On a séché et analysé les plantes et les sols en réunissant deux par deux les pots semblables.

Voici les résultats obtenus (tableau II) calculés pour 1500 grammes de sol, c'est-à-dire pour un seul pot.

TABLEAU II.

MOUVEMENT DE L'AZOTE DANS LES DIX EXPÉRIENCES FAITES DANS LE SABLE (SANS ARGILE).

NUMÉROS D'ORDRE.	ENGRAIS EMPLOYÉS.	AZOTE INTRODUIT			POIDS TOTAL des récoltes SÈCHES.	AZOTE RETROUVÉ			AZOTE gagné OU PERDU.
		par la SABLE.	par les ENGRAIS.	TOTAL.		dans le SABLE.	dans les RÉCOLTES.	TOTAL.	
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
1	Minéral 3gr,50....	0.1035	0	0.1035	0.970	0.1455	0.0290	0.1745	+ 0.0710
2	Minéral + azote nitrique 0gr,300.....	0.1035	0.300	0.4035	6.825	0.3720	0.1405	0.4675	+ 0.0640
3	— — —	0.1035	0.300	0.4035	6.585	0.3060	0.1680	0.4740	+ 0.0705
4	— — —	0.1035	0.300	0.4035	5.89[illegible]	0.4080	0.1375	0.5455	+ 0.14[illegible]0
5	— — —	0.1035	0.300	0.4035	7.850	0.2280	0.2525	0.4805	+ 0.0770
6	— — 0gr,200	0.1035	0.200	0.3035	7.612	0.2280	0.2420	0.4700	+ 0.1665
7	Minéral + azote ammoniacal. 0gr,200.	0.1035	0.200	0.3035	6.425	0.1850	0.2315	0.4165	+ 0.1130
8	Minéral + sang = azote 0gr,300....	0 1035	0 300	0.4035	5.600	0.2685	0.1375	0.4060	+ 0.0025
9	Fumier complété = 0gr,300.........	0.1035	0.300	0.4035	4.572	0.4350	0.1205	0.5555	+ 0.1520
10	Minéral 3gr,50 + foin sec = azote 0gr,300 azote nitrique 0gr,100.....	0.1035	0.400	0.5035	1.225	0.3570	0.0390	0.3960	— 0.1075

Pour être moins élevés que dans la série précédente, les gains d'azote ne sont pas moins réels.

Leur faible importance s'explique suffisamment par la durée beaucoup plus courte de l'expérience, qui n'a porté que sur une seule végétation au lieu de deux.

Quelle peut être l'origine de ces excédents d'azote ?

Faut-il la chercher dans les poussières apportées par l'air, ou dans les composés azotés qu'il renferme ?

Évidemment non, car les poussières sont également tombées sur tous les pots dont les surfaces étaient égales et qui se trouvaient les uns à côté des autres sur la même table. Les composés ammoniacaux ou autres ont ainsi été fournis à tous les pots, également et, cependant, nous relevons des différences considérables entre les fixations d'azote qui vont de 0gr,107 à 0gr,865, suivant la composition des sols, soit un écart de près de 1 gramme d'azote. Il est évident, par conséquent, qu'on ne peut en voir l'origine que dans l'azote élémentaire de l'air qui se fixe, soit dans le sol, soit dans la végétation.

Selon M. Berthelot l'opération est faite par des microbes, car il lui a suffi de stériliser le milieu pour empêcher toute fixation d'azote ; M. Berthelot va plus loin et attribue à l'argile l'origine des microbes fixateurs.

Je ne saurais le suivre jusque-là, puisque dans ma seconde série j'ai obtenu des fixations en l'absence de l'argile. Il est certain d'ailleurs que, dans toutes mes expériences, l'eau des cuvettes et la surface du sol ont été habitées par des myriades de microbes de toutes sortes et que, par conséquent, on peut leur accorder au moins une certaine part du phénomène. Mais ne doit-on pas en attribuer une à la végétation elle-même ?

Les facultés que M. Berthelot reconnaît, aujourd'hui, aux microbes, cellules vivantes plus ou moins isolées, ne peuvent-elles appartenir aussi aux végétaux, cellules vivantes groupées, ou autrement dit, réunion de microbes ?

Les végétaux ont le pouvoir de réunir le carbone aux éléments de l'eau après avoir décomposé l'acide carbonique absorbé par leurs feuilles.

C'est là une opération que les chimistes ne peuvent encore réaliser.

Tous les moyens dont ils disposent n'ont pu, jusqu'ici, réduire

l'acide carbonique qu'à moitié, c'est-à-dire le ramener à l'état d'oxyde de carbone.

C'est l'effluve électrique qui a permis à MM. Paul et Arnould Thénard de faire ce premier pas dans la voie des réactions analogues à celles qui se produisent au sein des végétaux. Mais ces mêmes savants sont arrivés aussi à fixer l'azote élémentaire sur les éléments de l'eau, par le même moyen.

Or on sait que l'oxygène dégagé par les feuilles vivantes et résultant de la dissociation de l'acide carbonique est ozoné, c'est-à-dire effluvé.

Il se produit donc, au sein de la plante, des phénomènes électriques analogues à ceux qui ont permis à MM. Thénard de réussir les remarquables expériences que nous venons de rappeler. C'est évidemment aux forces de cet ordre qu'il faut attribuer la synthèse de l'eau et du carbone.

Pourquoi ne réaliseraient-elles pas aussi la synthèse de l'eau et de l'azote qui paraît moins difficile, puisqu'on a pu l'obtenir au laboratoire?

La fixation de l'azote élémentaire de l'air par les plantes, admise par les agriculteurs et par quelques savants, n'est donc pas une opinion sans fondement, comme le prétendent de grandes autorités scientifiques. C'est, au contraire, une conséquence logique des analogies les mieux établies depuis la magistrale étude des propriétés chimiques de l'effluve faite par MM. Thénard et depuis que M. Berthelot, marchant sur leurs traces, est parvenu à fixer l'azote sur la dextrine et sur la cellulose, par les mêmes moyens.

Examinons donc dans quelle mesure les fixations d'azote que nous avons constatées peuvent être attribuées à la végétation, qui a certainement fourni une portion importante de l'azote retrouvé dans le sol, en y laissant ses racines.

Si on rapproche des poids de récoltes sèches les gains d'azote obtenus dans mes deux séries d'expériences, on voit que la quantité d'azote fixé n'est pas proportionnelle à l'intensité de la végétation.

La plus forte récolte de la première série, qui est de 19gr,10 ne donne que 0gr,551 d'azote fixé, alors que la récolte qui donne la fixation la plus élevée (0gr,865) n'est que de 13gr,80.

De même, dans la seconde série, la récolte la plus élevée (7gr,85) ne correspond qu'à une fixation d'azote de 0gr,077, pendant qu'une fixation double est obtenue au n° 9 avec 4gr,572 de récolte.

Dans la première série, au n° 11, il y a une perte d'azote avec une récolte de 12gr,80 tandis qu'au n° 7, il y a un gain de 0gr,216 d'azote avec 8gr,80 de récolte, seulement.

Enfin, dans la seconde série, le n° 8 qui donne 5gr,60 de récolte ne gagne que 0gr,002, c'est-à-dire rien, tandis que le n° 1, dont la récolte est presque nulle (0gr,97), gagne 0gr,071.

La composition du sol et des engrais employés paraît exercer une influence beaucoup plus accentuée que le développement de la végétation.

Dans la première série nous voyons que le gain d'azote obtenu au n° 1, avec la terre sans engrais, étant de 0gr,491, l'addition à cette terre de 3gr,50 d'engrais sans azote fait monter le gain à 0gr,513, soit une augmentation de 0gr,022.

L'addition du nitrate de soude élève fortement les récoltes qui passent de 13gr,45 à 19gr,10, mais ne fait subir à l'augmentation générale d'azote qu'une faible amélioration, 0gr,038, en plus, de l'engrais sans azote.

Le carbonate de chaux ajouté à l'engrais minéral élève, au contraire, la fixation d'azote de 0gr,095.

Enfin la chaux éteinte fait monter cette fixation à 0gr,865, supérieure de 0gr,352 à celle de l'engrais minéral seul.

C'est donc le chaulage qui paraît favoriser, au plus haut degré, le phénomène qui nous occupe.

Peut-être est-ce là une des raisons, restée jusqu'ici mystérieuse, des bons effets que l'agriculture obtient de cette pratique, sur les terres non calcaires.

Par contre, l'addition à la terre du fumier et du sang desséché diminue la fixation d'azote jusqu'à la rendre négative, dans certains cas.

L'addition au fumier d'un excès de carbonate de chaux influence la fixation dans un sens favorable comme avec les engrais inorganiques. On peut trouver, dans ce fait, une nouvelle explication des bons effets du marnage des terres argileuses, fumées ou non fumées.

Ces bons effets du carbonate de chaux ne se retrouvent plus lorsqu'on l'emploie avec le sang desséché. Il amène alors un fort abaissement de la récolte qui tombe de 17gr,95 à 12gr,80 et toute fixation d'azote disparaît, pour être même remplacée par une légère perte de 0gr,014 par pot.

Si on ajoute cette perte au gain d'azote obtenu au moyen du

même engrais, sans carbonate de chaux, on trouve un écart de 0gr,369 en faveur de la suppression du carbonate de chaux. Peut-être, encore, pourrait-on voir dans cette influence contraire de certains engrais sur la fixation de l'azote, en présence du carbonate de chaux, l'explication de la stérilité relative qui succède souvent aux grands marnages et dont les effets persistent fréquemment pendant la première et la seconde année qui les suivent.

Enfin, un fait des plus remarquables, parmi ceux qui ressortent des chiffres de la première série d'expériences, est l'abaissement de la fixation de l'azote lorsque l'engrais minéral est privé d'acide phosphorique ou de potasse. Il semble en résulter que cette propriété de la terre arable, garnie de végétation, est corrélative de certains équilibres de composition.

En l'absence de la potasse ou de l'acide phosphorique, les autres éléments de l'engrais paraissent nuire à la fixation de l'azote, car elle descend au-dessous de ce qu'elle était dans la terre sans engrais. Il en est du reste de même pour tous les engrais contenant des matières organiques.

Dans la seconde série d'expériences, cette fâcheuse influence des matières organiques se fait également sentir, bien que les fixations d'azote soient bien moins nettement accusées. Avec le sang, la fixation devient presque nulle : 0gr,0025 et avec l'engrais végétal elle se change en une perte de 0gr,1075.

Il résulte, évidemment, de tous ces faits, comme de ceux que M. Berthelot a fait connaître, que la fixation de l'azote dans le sol reconnaît une cause physiologique.

Les microbes paraissent y jouer un rôle important, même en l'absence de l'argile, puisque nous obtenons une fixation marquée dans l'expérience n° 1 de la seconde série où il n'y a pas d'argile et presque pas de végétation.

Quant à l'intervention des plantes, ces premières expériences ne lui paraissent pas favorables, bien qu'elles ne puissent autoriser une conclusion nettement négative. C'est un point qui appelle de nouvelles études et sur lequel des expériences comparatives, avec et sans végétations, pourront certainement jeter une vive lumière. Méfions-nous des conclusions prématurées et bornons-nous, pour le moment, à constater le fait capital de la fixation de l'azote atmosphérique, laissant à l'avenir le soin d'en préciser l'explication.

ENRICHISSEMENT EN AZOTE
D'UN SOL MAINTENU EN PRAIRIE

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN

Professeur au Muséum et à l'École de Grignon.

En 1882, j'ai inséré dans ce recueil même un mémoire intitulé : *Des pertes et des gains d'azote des terres arables*[1]. J'ai essayé de montrer l'intérêt que présentait pour l'agronomie la connaissance exacte des conditions dans lesquelles les terres gagnent ou perdent l'azote combiné qu'elles renferment ou qui leur est fourni par les engrais.

J'ai montré que certaines parcelles du champ d'expériences qui avaient porté des betteraves de 1875 à 1877, puis du maïs-fourrage en 1878, avaient perdu une quantité notable de l'azote qu'elles renfermaient à l'origine, et que cette perte était très supérieure aux prélèvements des récoltes, et devait être attribuée surtout à la nitrification, favorisée par les nombreuses façons que le sol avait reçu.

En 1879, les parcelles sur lesquelles avaient porté les observations précédentes ont été converties en prairies artificielles de sainfoin, on a obtenu trois bonnes récoltes en 1879, 1880 et 1881 ; à la fin de cette année le sainfoin était envahi par les graminées; on le défricha, et on reprit des échantillons de terre; les résultats de ces analyses sont insérés au mémoire de 1882, auquel j'ai renvoyé plus haut; elles démontraient que, bien qu'on eût enlevé trois récoltes de foin renfermant une quantité notable d'azote, le sol loin de continuer à s'appauvrir s'était plutôt légèrement enrichi.

On sema de nouveau du sainfoin sur les parcelles qui en avaient déjà porté; la récolte de 1882 fut passable, celle de 1883 très abondante, mais très mêlée de graminées, de telle sorte qu'on reconnut que le sainfoin ne pouvait être conservé, on le remplaça par des graminées variées; l'herbe est maintenant abondante et la prairie durera plusieurs années.

1. T. VIII, p. 321.

On a repris cet automne des échantillons de terre; on a procédé comme on l'avait fait aux prises précédentes en prélevant sur le sol des parcelles, de la terre en cinq ou six places différentes à une profondeur ne dépassant pas 25 à 30 centimètres; avec la terre recueillie on a formé un premier échantillon, puis on a pris de nouveau de la terre à plusieurs places, elle a été séchée à l'air et passée au tamis comme la première, et a servi à former un second échantillon. On a analysé séparément les deux échantillons de terre fine ainsi obtenus.

Les dosages ont porté sur les terres des parcelles 4 et 5 qui avaient été analysées en 1885 et sur la terre de la parcelle 1 comme contrôle; les analyses ont été exécutées d'abord sur des poids de 20 à 25 grammes de ces trois terres, à l'aide de la chaux sodée, l'ammoniaque était reçue dans de l'acide sulfurique décime. On a ainsi trouvé les chiffres suivants pour les premiers échantillons recueillis :

Azote dosé par kilogramme de terre du champ d'expériences.

Parcelle n° 1.	Parcelle n° 4.	Parcelle n° 5.
1.708	1.79	1.63
1.813	1.72	1.69
1.810	1.80	1.63

On a alors pris dans les flacons des échantillons des trois terres, puis on les a introduits dans d'autres flacons numérotés A, B et C, de façon à faire les analyses sans connaître les provenances, on a trouvé les chiffres suivants :

Échantillon A........................	1.79
— B........................	1.66
— C........................	1.79

Or, l'échantillon A était celui de la parcelle n° 1; l'échantillon B celui de la parcelle n° 5; l'échantillon C celui de la parcelle n° 4.

Le second échantillon de la parcelle n° 1 a donné 1,79 d'azote par kilogramme de terre; un second échantillon de la parcelle n° 4 a fourni le chiffre plus fort 1,9; on a été conduit à reprendre un autre échantillon qui a fourni le chiffre 1,77. Le second échantillon de la parcelle 5 a donné 1,62.

Enfin on a analysé au Muséum ce même échantillon de la parcelle 5, par conséquent avec d'autres liqueurs que celles qui avaient

servi à Grignon, on a retrouvé le nombre 1,65. On trouve qu'en moyenne la terre n° 4 renferme en 1885 1,77 d'azote combiné par kilo et la terre n° 5 : 1,65. Nous résumons dans le tableau ci-joint les dosages exécutées sur ces terres pendant les dix ans qu'a duré l'expérience.

Azote par kilogramme de terre dans les sols du champ d'expériences de Grignon.

Cultures sur les parcelles.	Époque de la prise d'échantillon.	Parcelle 4. Fumier en 1875-76-77 rien depuis.	Parcelle 5. Toujours sans engrais.
Betteraves en 1875-76-77... / Maïs-fourrage 1875.........	1875	2.04	2.04
	1879	1.50	1.46
Sainfoin en 1879-80-81....	1881	1.65	1.50
Sainfoin 82-83............ / Prairie 84-85..............	1885	1.77	1.65

On voit qu'à la période d'appauvrissement qui s'étend de 1875 à 1879, pendant la culture des betteraves et du maïs fourrage, a succédé une période d'enrichissement quand la terre a été maintenue en prairie de légumineuses ou de graminées.

Si on admet que jusqu'à une profondeur de 15 centimètres la terre d'un hectare pèse 3850 tonnes, on aurait pour la fumure en azote de la terre d'un hectare les chiffres suivants :

Cultures sur les parcelles.	Époque de la prise d'échantillon.	Parcelle 4 Fumier en 1875-76-77 rien depuis.	Parcelle 5 Toujours sans engrais.
1870-1875 luzerne..........	1875	7854	7854
Betteraves en 1871-76-77... / Maïs fourrage en 1878......	1879	5775	5621
Sainfoin en 1879-80-81....	1881	6352	5775
Sainfoin en 82-83......... / Prairie en 84-85...........	1885	6814	6352

Ainsi pendant ces quatre dernières années, le sol de la parcelle 4 a gagné 462 kilos d'azote et celui de la parcelle 5 · 477 ; le gain qui était déjà sensible mais faible pendant la période comprise entre 1879 et 1881 l'est davantage pendant la seconde période de 1881 à 1885.

Il est à remarquer en outre que pendant cette seconde période ces deux parcelles ont porté des récoltes de foin qui ont été enlevées et qui renfermaient approximativement les quantités d'azote ci-jointes, calculées d'après quelques dosages qui n'ont fait que con-

firmer les chiffres généralement admis de 2 grammes d'azote combiné p. 100 de sainfoin sec et de 1,50 d'azote p. 100 de foin sec de prairie; en admettant cette composition, on arrive à calculer le tableau suivant :

Récolte sèche et azote des parcelles du champ d'expériences de Grignon.

	Parcelle 4.		Parcelle 5.	
	Foin sec.	Azote.	Foin sec.	Azote.
	kil.	kil.	kil.	kil.
1882	5100	112	4050	81
1883	11925	238	8800	166
1884	3450	52	1530	23
1885	5700	85	4950	74
		487		344

De 1881 à 1885 le gain d'azote qu'ont fait les parcelles 4 et 5 se compose donc : 1° de l'azote en excès trouvé en 1885 sur le chiffre 1881, 2° et d'autre part de l'azote contenu dans les récoltes enlevées au sol pendant cette période, c'est ce qu'indique le tableau suivant :

	Azote gagné par le sol de 1881 à 1885.	Azote des récoltes.	Gain	
			total.	annuel.
	kil.	kil.	kil.	kil.
Parcelle 4	462	487	949	237
Parcelle 5	477	344	821	205

Je crois qu'on peut considérer comme acquis que le sol des parcelles du champ d'expériences de Grignon s'est enrichi pendant qu'il a été maintenu, en prairies de légumineuses ou de graminées.

Le fait étant établi, il reste à discuter à quelles causes il peut être attribué et quelles conséquences il en découle.

Un point domine d'abord toute la discussion à laquelle nous allons nous livrer; une terre maintenue pendant quatre ans, de 1875 à 1879, en betteraves et en maïs-fourrage, s'est appauvrie; au contraire, de 1881 à 1885, maintenue en prairie elle s'est enrichie bien qu'elle n'ait reçu d'engrais d'aucune sorte et qu'on ait enlevé toutes les récoltes qu'elle a porté.

J'ai attribué l'appauvrissement du sol pendant la première période, à la combustion lente favorisée par les travaux, par les façons que le sol a subie. Comment ces travaux peuvent-ils favo-

riser les combustions lentes dans le sol? C'est ce que nous concevons mieux aujourd'hui que nous avons la preuve que l'oxygène pur n'attaque que médiocrement la matière organique, mais que cette attaque est très rapide quand elle est favorisée par l'action des organismes microscopiques du sol.

Les nombreuses expériences de M. Pasteur exécutées avec la plus grande rigueur, démontrent que de l'air pur n'attaque que très lentement une matière organique très combustible, quand on a soin d'empêcher l'arrivée des micro-organismes. J'ai reconnu le même fait dans les expériences que j'ai exécutées sur la paille dans mes recherches sur le fumier de ferme[1].

On se rappelle que si on enferme de la paille dans un tube avec de l'eau, et qu'on la maintienne au bain-marie à 35° environ, on trouve que très rapidement tout l'oxygène est métamorphosé en acide carbonique; mais si on ajoute du chloroforme, presque tout l'oxygène persiste; il suffit donc de paralyser l'activité des organismes inférieurs pour arrêter toute oxydation de la paille.

Cette oxydation n'est même pas favorisée par l'action du carbonate de potasse agissant à 100°.

Sans doute, les matières ulmiques de la terre sont plus facilement attaquables que la paille, et nous avons reconnu, M. Maquenne et moi, qu'elle se produit encore sous l'influence du chloroforme. Mais il est évident que cette oxydation est surtout favorisée par les êtres vivants; or à ce point de vue le travail qui s'exécute dans la terre par les instruments, présente une très grande importance; c'est à M. Schlœsing qu'on doit cette observation, qui est particulièrement instructive, et nous croyons devoir reproduire le passage dans lequel l'éminent professeur du Conservatoire a exposé ses idées sur ce sujet[2].

« On explique en général l'énergie de la combustion provoquée par l'émiettement de la terre, en disant que cette opération expose à l'action comburante de l'oxygène de l'air de nouvelles molécules organiques qui en avaient été préservées jusqu'alors. Cette raison ne me paraît guère satisfaisante.

» L'oxygène gazeux pénètre, en effet, la terre dans toutes ses parties; on ne saurait produire par l'émiettement un contact plus

1. *Ann. agron.*, p. 389.
2. *Contributions à l'étude de la chimie agricole.* Encyclopédie chimique de M. Frémy, p. 149.

intime entre lui et la matière organique. Ne vaudrait-il pas mieux placer l'explication cherchée dans le fait qu'en remuant la terre on favorise l'œuvre des organismes qui sont les agents de la combustion? On conçoit que dans les milieux liquides, les êtres microscopiques puissent se déplacer aisément et porter leur action sur tous les points, mais dans la terre ils ne jouissent pas de cette facilité de transport; ils ne trouvent sur la surface des éléments d'une terre moyennement humide que des couches d'eau infiniment minces, peu propices à leur développement ils agissent donc sur place et quand ils ont consommé la plus grande partie des aliments à leur portée, leur travail doit se ralentir. Si l'on émiette la terre, on les répand en des endroits où ils trouvent de nouvelles ressources, où ils se développent et travaillent avec activité. De là le redoublement de la combustion. »

Il est clair que dans une terre non remuée, maintenue en prairie, cet effet de transport des microbes comburants ne peut plus se produire, et que déjà nous comprenons qu'une terre semblable ne s'appauvrisse pas de la même façon qu'une terre labourée. Mais il ne nous suffit pas de savoir comment la terre de prairie ne s'appauvrit pas, il faut encore chercher comment elle s'enrichit.

M. Schlœsing a insisté depuis longtemps sur l'influence que peut avoir l'ammoniaque atmosphérique sur l'enrichissement des sols, M. Berthelot récemment a montré que des argiles ou des sables gagnaient de l'azote, tant que les organismes inférieurs qui peuplent tous les sols y étaient vivants, mais que les gains disparaissaient quand on avait réussi à les stériliser. Enfin on a pu voir dans le mémoire de M. Joulie inséré dans ce même numéro des *Annales*, que cette fixation d'azote s'est encore observée sur un sol couvert de végétaux.

A ces causes qui déterminent un gain d'azote pour le domaine, il convient d'ajouter dans le cas particulier que nous avons étudié, un autre action qui n'aurait pour effet que de déplacer l'azote d'une pièce de terre à une autre.

Pendant la période des labours, de l'oxydation pourrait-on dire, la matière organique se brûle et son azote forme des nitrates, ceux-ci sont partiellement utilisés par les végétaux, partiellement entraînés dans les eaux souterraines; les nombreuses analyses exécutées à Rothamsted montrent que souvent elles enlèvent au sol une quantité d'azote égale à celle qui pénètre dans les récoltes.

La plus grande partie de cet azote des nitrates disparaît dans les rivières et les fleuves, qui finissent par porter à la mer des quantités énormes d'azote combiné, on conçoit cependant qu'une partie de ces nitrates puisse être arrêtée en chemin.

Si les infiltrations des eaux souterraines n'ont pas une profondeur très grande, les racines puissantes, longues, pivotantes des plantes vivaces de la prairie peuvent les atteindre et s'emparer des nitrates qu'elles contiennent et qui proviennent des terres labourées voisines. Ces nitrates servent à l'alimentation des plantes dont les débris enrichissent la couche superficielle.

Il peut se faire également que ces nitrates viennent en quelque sorte à la rencontre des racines, les lois de la diffusion exigent qu'une matière dissoute dans un liquide soit en tous les points au même état de concentration ; cet équilibre dans une masse de terre humide tend toujours à s'établir. Imaginons que la partie inférieure de notre champ d'expériences de Grignon soit baignée par des eaux souterraines, les nitrates tendront à s'élever dans la masse humide d'autant plus vite, d'autant plus abondamment que cette masse en renfermera une moindre proportion, or, une terre de prairie non remuée, mal aérée, forme moins de nitrates qu'une terre labourée, de plus elle porte constamment des végétaux qui prennent les nitrates à mesure qu'ils se forment, elle en contient donc moins qu'une terre labourée et par suite peut en recevoir du sous-sol en plus grande quantité que celle-ci.

Que l'azote constaté dans le sol de la prairie provienne de l'atmosphère ou des eaux souterraines, il importe peu au praticien, le seul point à retenir pour lui c'est de savoir qu'une terre maintenue en prairie gagne de l'azote.

Or c'est là un point capital pour cette grande question de l'*engrais en terre* qui a tant préoccupé les anciens agronomes et qu'ils ont cru pouvoir résoudre en ne tenant compte que des engrais reçus et des récoltes enlevées. Nous sommes bien loin aujourd'hui d'admettre qu'il soit possible d'exécuter de semblables calculs. Les pertes d'azote par nitrification dans les terres labourées, les gains dans les sols non remués, compliquent singulièrement la question, et, s'il fallait chiffrer l'état dans lequel se trouve un sol après une série de culture, on serait bien embarrassé de donner un avis motivé. Le seul point acquis est que, même sans aucune dépense d'engrais, un sol en prairie s'enrichit en azote ; or, cette seule notion peut

franchir la paroi cellulaire par exosmose, ils sont déjà saisis par le réactif. Lorsque, au contraire, les nitrates sont peu abondants, le précipité se fait en dehors des cellules, soit contre le côté extérieur de la paroi cellulaire, soit contre la lamelle de verre, parce que les nitrates, sortis par exomose des cellules, se sont diffusés lentement dans le réactif ambiant où ils ont été saisis progressivement. Il est évident que ce procédé de détermination, quelque sensible qu'il soit et à cause de sa sensibilité même, ne permet que d'évaluer approximativemement la quantité de nitrates contenus dans les tissus de la plante. Pour évaluer comparativement les proportions de quantité entre les diverses plantes et entre les divers tissus et organes d'une même plante, il faut s'en rapporter aux trois facteurs suivants : l'abondance du précipité, la rapidité ou la lenteur de sa formation et la forme et les dimensions des cristaux. Tandis que dans les plantes susnommées le précipité s'accuse immédiatement, dans la coupe de la partie basilaire d'une tige de *Triticum repens*, par exemple, il n'apparaît qu'au bout d'une heure, après diffusion; à un moment donné de la végétation, dans une coupe d'une tige de pariétaire officinale, il apparaît seulement au bout de deux heures. Il faut naturellement, pendant ce temps, veiller à ce que la coupe soit toujours baignée de réactif. Quant à la forme des cristaux, ils sont d'autant plus fins, étroits et granuleux que le précipité est plus rapide. Ces cristaux de formation rapide et abondante polarisent peu ou point la lumière. Ils ont une tendance à se grouper en mâcles de lames rayonnant d'un centre commun. Plus le précipité est lent à se former, par diffusion, et plus les cristaux sont lamelleux et longs, se groupant par larges lames cristallines rayonnantes autour d'un point. J'ai vu les plus belles lames de nitrate de cinchonamine se développer aux alentours du parenchyme médullaire de l'ortie dioïque; M. Arnaud, en plaçant une tige entière d'ortie effeuillée dans une solution acidulée de chlorhydrate de cinchonamine, a vu les nitrates venir par exosmose, à travers l'épiderme, cristalliser en larges lamelles radiées à la surface [1]. Quelquefois la précipitation lente du nitrate de cinchonamine est cause de la formation de cristaux isolés qui croissent indépendamment les uns des autres. Ces grands cristaux de formation plus lente polarisent très

1. *Comptes rendus*, 16 juin 1884.

bien la lumière. Dans une espèce de *Boehmeria*, le réactif a déterminé, dans une coupe de la base de la tige, au bout d'une heure, la formation de quelques lamelles cristallines dans le parenchyme médullaire.

Dans la même plante, en plein développement alors, à mi-hauteur de la tige, le réactif détermine des cristaux d'aspect tout différent. Le parenchyme y est gorgé de suc cellulaire et de protoplasma renfermant un noyau et des granules verdâtres. Il se précipite là des corps d'apparence cristalloïdale qui ont la forme de longues aiguilles, ne polarisant pas la lumière, de consistance apparemment molle, car on voit leur extrémité se recoqueviller sur elle-même et leurs faces devenir inégales. Au bout d'un quart d'heure, ces pseudo-cristaux se gonflent, semblent diffluer en perdant tout à fait leur apparence de cristalloïdes et ressemblent alors à des gouttelettes de graisse émulsionnée au milieu du suc cellulaire.

Dans le parenchyme cortical, ces corps sont accompagnés d'oursins d'oxalate de chaux, quoique ailleurs cependant, comme dans le *Mercurialis annua*, différentes espèces de *Beta*, le *Blitum Bonus Henricus*, les *Chenopodium*, l'*Aramanthus paniculatus*, *Datura stramonium*, et d'autres, le nitrate de cinchonamine cristallise normalement en présence de notables quantités d'oxalate de chaux.

Pour déceler la présence des nitrates dans les tissus, j'ai fait des coupes transversales, d'épaisseur autant que possible équivalente, comprenant ordinairement deux à trois assises de cellules parenchymateuses intactes. Les coupes transversales sont ici préférables aux coupes longitudinales, parce qu'elles permettent d'avoir des valeurs de comparaison de la quantité de tissu et de suc cellulaire plus constantes et que la diffusion agit moins promptement, surtout pour des coupes menées à différents niveaux de hauteur de la même plante.

Quand, dans une coupe transversale, les faisceaux de lamelles radiées de nitrate de cinchonamime se forment par diffusion, soit à la périphérie de la coupe contre l'épiderme, soit au millieu du parenchyme médullaire d'une tige fistuleuse; le sommet du faisceau est toujours opposé au sens du courant de diffusion des nitrates [1].

1. Le chlorhydrate de cinchonamine en solution acidulée colore les fibres libériennes et les fibres du bois en rose clair ainsi que la paroi extérieure épaissie des cellules épidermiques. Le collenchyme résiste beaucoup plus longtemps à cette coloration.

Cette méthode de déceler la présence de nitrates en excès dans la cellule, est très bonne pour en évaluer comparativement les proportions relatives dans les tissus, mais elle est impuissante à accuser les quantités absolues de nitrates contenues seulement dans une centaine de cellules d'une coupe transversale de plante dont tout le corps ne contient, en poids, que quelques centièmes de nitrates p. 100 du poids de cette plante, ou d'une graine qui n'en contient que quelques millièmes ou 10/1000es p. 100 de son poids. C'est ainsi que l'analyse seule, et le calcul ensuite, ont pu fournir à MM. Berthelot et André les tableaux où l'*Hypnum triquetrum*, une mousse, se présente avec 0,05 p. 100 de la plante humide, les jeunes pousses de pin silvestre avec 0,049, tandis que l'*Euphorbia Cypcarissias*, le *Trifolium pratense* et le *Ranunculus acris* ne laissent reconnaître, à l'analyse, que des traces de nitrates.

Pour voir maintenant comment se répartissent les excès de nitrates dans les tissus de la plante, il faut faire des coupes à travers tous les organes et à des niveaux différents de ces organes. Il convient, pour cela, de choisir la plante au moment où elle est en pleine végétation, où ses organes végétatifs sont au maximun de développement, et où elle s'apprête à développer ses organes reproducteurs vers lesquels, dès lors, toutes les matières de réserve vont affluer.

1. *Solanum tuberosum.* — Plante connue comme étant très riche en nitrates. MM. Berthelot et André en ont dosé jusqu'à 28 p. 1000 du poids de la plante à une certaine période de la végétation.

La tige de notre exemplaire est très forte, succulente; l'épaisseur est d'environ 0^m,025.

a) A la base, où la tige souterraine est étiolée, le réactif, à peine appliqué, détermine la formation d'une infinité de cristaux de nitrate de cinchonanime. La moelle, gorgée de suc cellulaire, se bourre de cristaux jusqu'à en devenir opaque.

Le parenchyme cortical est également très riche, quoique le précipité y soit un peu moins abondant que dans la moelle. Il ne se forme aucun précipité, ni dans le système ligneux, ni dans le système libérien.

b) Coupe par le maximum d'épaisseur de la tige verte, au tiers inférieur de la plante. — Le précipité est encore très abondant, mais il se forme moins rapidement et les cristaux sont moins lamellaires,

la moelle est plus chargée que le parenchyme cortical. Chlorophylle abondante.

c) Coupe du pétiole d'une grande feuille caulinaire, forte et succulente. — Précipité abondant réparti dans le parenchyme qui entoure les faisceaux, surtout dans le parenchyme de la face inférieure.

d) Coupe d'un pétiolule de la feuille terminale. — Précipité encore assez abondant et reparti dans le parenchyme, mais se formant plus lentement. Moins de nitrates.

e) Coupe par la nervure principale du foliole terminal des feuilles caulinaires et par le mésophylle. — Pas de précipité (24 mai).

Cet échantillon vient du jardin du laboratoire de physiologie végétale où le sol est considérablement chargé de nitrates.

2. *Urtica dioïca.*— L'échantillon type provient des décombres déposés au bord de la Bièvre. La plante, tige et racine, est haute d'environ 0m,25. Elle commence à fleurir (25 mai). A mi-hauteur de la tige, le réactif détermine immédiatement un abondant précipité de nitrate dans le parenchyme médullaire, pas dans l'écorce. A la base de la tige, le nitrate se précipite en grande abondance dans le parenchyme central, entrecoupé de rayons vasculaires, ainsi que dans le parenchyme clair cortical. Plus bas, sur des coupes successives de haut en bas, on voit le précipité diminuer dans le parenchyme médullaire, et son apparition devenir plus lente. Dans le parenchyme cortical cependant, il y a encore abondance de nitrates. A 0m,02 ou 0m,03 de l'extrémité radiculaire, ce parenchyme accuse encore de nombreux cristaux, tandis que le parenchyme médullaire, à ce niveau, n'en contient plus. Les nitrates diminuent vers le haut de la tige. Il n'y a plus de précipité à quelques centimètres du sommet de la tige. Il n'y en a pas non plus dans le pétiole de la plus grande feuille caulinaire. La proportion de nitrates diminue de la base au sommet de la plante.

3. *Mercurialis annua.* — Échantillons du jardin et des bords de la Bièvre (25 mai). Pleine végétation. L'échantillon suivant a environ 0m,15 de haut.

a) Coupe au niveau du collet et de la base et de la tige. — Précipité abondant dans tout le parenchyme (moelle, écorce et larges rayons médullaires entre les quatre faisceaux), toutefois moindre dans le parenchyme cortical où il y a des oursins d'oxalate de chaux en petit nombre.

b) Le cylindre du parenchyme cortical de la racine est gorgé de

nitrates jusqu'à l'extrémité radiculaire. Les radicelles très ténues, placées entières dans une goutte de réactif, laissent diffuser des nitrates qui se précipitent en beaux cristaux au dehors et augmentent de taille individuellement. L'action du réactif est assez lente.

c) A $0^m,05$ environ du sommet de la tige, le réactif provoque, après dix minutes, un abondant précipité de fins cristaux dans le parenchyme médullaire, également chargé d'oxalate de chaux.

d) Pétiole des feuilles caulinaires. — Précipité lent et abondant.

e) Parenchyme foliaire. — Pas de précipité ni dans la nervure principale, ni dans le mésophylle.

f) Pédoncule floral. — Pas de précipité. — Oursins nombreux.

Dans ces échantillons, les nitrates sont, à ce moment, très abondants vers le collet de la racine, abondants dans le parenchyme radiculaire et jusqu'au milieu de la tige, décroissent de là vers le sommet et ne s'accusent pas dans les feuilles

4. *Beta*, sp. — Dans une coupe à la base de la tige qui est un peu fistuleuse, le réactif développe après quelques instants, des cristaux de nitrate dans le centre de la moelle. Au milieu du pétiole d'une feuille basilaire, les nitrates sont moins abondants que dans la première coupe et se précipitent surtout autour de la lacune centrale (pétiole fistuleux) entourée du parenchyme. — Plus haut dans la tige, pas de nitrates accusés (26 mai). Échantillons de l'école de botanique du Muséum qui depuis vingt-cinq ans n'a pas reçu d'engrais.

5. *Blitum Bonus Henricus*. — La base de la tige est chargée d'une proportion considérable de nitrates qui sont localisés dans le parenchyme médullaire. Il ne se produit pas de précipité dans le parenchyme cortical. Tandis que dans le *Mercurialis annua*, le *Solanum tuberosum* et l'*Urtica dioïca*, le parenchyme de l'écorce est relié à celui de la moelle par des rayons médullaires plus ou moins larges qui permettent le jeu des courants osmotiques, dans le *Blitum* au contraire, les deux parenchymes sont séparés par une zone de ligneux ou les fibres se rejoignent autour de la région vasculaire du bois primaire, ainsi que les fibres libériennes dont les faisseaux se touchent, formant une zone continue qui coupe les rayons médullaires. A quelques centimètres au-dessus de cette coupe, la tige devient fistuleuse et les nitrates moins abondants. A mi-hauteur de la tige (elle a environ 1 mètre de hauteur), le réactif n'accuse plus de nitrates en excès. Il n'y en a pas non plus

dans le pétiole de la feuille la plus basse qui, du reste, n'est pas très parenchymateux. Échantillon de l'école.

6. *Fumaria officinalis.* — Dans une coupe par la racine, après une demi-heure d'action du réactif, des cristaux de nitrate viennent se former par diffusion au pourtour de la coupe. L'action du réactif est aussi lente sur une coupe à la base de la tige. Il y a peu de nitrates. Un peu plus haut il ne se forme plus de précipité.

7. *Triticum repens.* — Dans une coupe à travers le rhizome et la base du chaume, le chlorhydrate de cinchonamine accuse, au bout d'une heure, quelques cristaux dans le parenchyme médullaire. Échantillon du jardin.

8. *Capsella Bursa pastoris.* — Précipité assez peu abondant dans la moelle de la tige. De belles lames nombreuses et grandes se forment au bout d'un certain temps sur le pourtour de la coupe. — Précipité dans le parenchyme cortical incolore de la tige au niveau d'insertion d'une gaine pétiolaire.

9. *Spinacea oleracea.* — Échantillons en pleine végétation, (22 juin) hauts de $0^{m},35$ à 1 mètre. La hampe florifère est longue et les fleurs commencent à s'épanouir. Une coupe au milieu de la tige montre le parenchyme médullaire, entourant une cavité centrale, très chargé de nitrates qui diminuent de là vers la racine et vers le sommet, et ne sont plus accusés par le réactif vers les quarts inférieur et supérieur de la longueur de la tige. Pas de nitrates dans les feuilles. La racine a peu de parenchyme, plus de bois. Échantillons du jardin.

On pourrait multiplier ces exemples sans changer les résultats : toujours les nitrates, dans les plantes qui en sont chargées, se localisent dans le parenchyme médullaire de la tige et dans le parenchyme cortical, mais moins dans celui-ci. Il en est ainsi du *Reseda luteola*, du *Cucurbita melopepo*, du *Parietaria officinalis*, du *Brassica oleracea*, du *Dahlia*, du *Chenopodium*, du *Datura stramonium*, etc. Au moment du plus grand développement de la plante, avant la floraison, c'est le tiers inférieur de la tige qui est le plus riche en nitrates. De là l'abondance en nitrates, dans les mêmes tissus, diminue vers le sommet d'un coté et vers la base de l'autre, ainsi que dans les appendices foliaires, *en raison de la capacité spécifique différente* des plantes pour les nitrates. A cette étape déterminée de la végétation, les plantes moyennement chargées de nitrates n'en accusent plus à notre réactif dans le tiers supérieur de l'axe, ni

dans la partie supérieure du pétiole des feuilles, ni dans le limbe des feuilles. Il n'en est pas de même des espèces telles que le *Brassica oleracea* et le *Sinapis alba* qui sont chargées de quantités relativement énormes de nitrates à tel point que, chez le *Sinapis*, le parenchyme de presque tous les organes de la plante à tous les les niveaux, accuse des précipités avec le nitrate de cinchonamine.

10. *Sinapis alba*. — Les échantillons très forts viennent des tas de décombres des bords de la Bièvre. Il sont en pleine végétation et s'apprêtent à fleurir. En voici un de $0^m,60$ de hauteur.

a). Dans unc coupe à travers la racine pivotante qui est très forte, le cylindre du parenchyme cortical se montre chargé de nitrates en moyenne abondance (le centre est occupé par le cylindre ligneux).

b) Au niveau du collet de la racine, nitrates dans le parenchyme médullaire encore peu développé et dans le parenchyme cortical, mais en petites quantités dans celui-ci.

c) Tiers inférieur de l'axe principal. — Nitrates exceptionnellement abondants dans la moelle. Le précipité se forme presque instantanément au contact du réactif et obscurcit la coupe. On le voit à l'œil nu former des traînées poudreuses fines dans le liquide qui baigne la coupe. Lc parenchyme cortical est réduit.

d) Base du tiers supérieur de l'axe principal. — La moelle se dessèche au centre et devient blanche d'air. Les nitrates sont beaucoup moins abondants.

e) Les nitrates sont de nouveau extrêmement abondants à $0^m,05$ du sommet de la hampe florifère la plus élevée. Il se developpe encore un fin précipité abondant au milieu des fleurs épanouies à $0^m,03$ du sommet végétatif.

f) Même distribution et abondance des nitrates dans les axes secondaires.

g) *Feuilles*. — Tout le parenchyme clair du pétiole et de la nervure principale des grandes feuilles basilaires et caulinaires est chargé de nitrates abondant dont la proportion diminue de la base du pétiole vers le sommet de la nervure médiane. Le réactif accuse des nitrates dans le mésophylle vert de ces feuilles. Les quantités vont, proportionnellement à l'âge des feuilles et au niveau considéré, en décroissant des feuilles les plus grandes et les plus âgées, aux feuilles les plus jeunes, sans y disparaître complètement.

Voilà donc une plante tellement riche en nitrates que tous ses tissus parenchymateux en contiennent en excès, mais les propor-

tions de nitrates sont réparties ici comme chez les autres plantes au même degré de développement, suivant la même gamme.

Le parenchyme médullaire nous apparaît comme un véritable magasin de réserve de nitrates où puisent tous les organes dans lesquels se forment des matières azotées. Il en est probablement de même des autres substances minérales dissoutes dans le suc cellullaire.

Ces résultats concordent avec ceux obtenus déjà, entre autres par MM. Berthelot et André (*loc. cit.*) qui disent que « les azotates doivent être recherchés de préférence dans la tige des végétaux, siège principal de leur production ». Une de leurs analyses typiques (*Amaranthus caudatus*) leur a donné les chiffres suivants (mois de mai) :

Azotates dans	la tige	83gr,8
	la racine	58gr,6
	les feuilles	8gr,2

On sait aussi que les proportions de nitrates contenus dans les tissus de la plante varient selon l'état plus ou moins avancé de la végétation[1]. Ainsi MM. Berthelot et André ont trouvé qu'à un moment donné le *Triticum sativum* (plante humide) contenait 4,40 p. 100 de nitrates et, huit jours après, seulement 2,10 p. 100 l'*Avena sativa*, 1,03 p. 100, et, huit jours après, 2,80 p. 100.

La proportion d'azotates peut varier depuis des quantités presque nulles, jusqu'à 15/1000 dans la pomme de terre, 28/1000 dans le blé et même 150/1000 dans certaines Amaranthes, à des périodes convenables de la végétation. (Id., *loc. cit.*)

J'ai examiné, dans le même ordre d'idées, des plantes à diverses étapes de la végétation et de préférence les plantes qui se signalent, au moment de la pleine croissance, par une forte proportion de nitrates.

Dans les jeunes pieds de pomme de terre ayant poussé dans les mêmes conditions que ceux du n° 1 (Voy. plus haut.), les proportions de sel sont beaucoup moindres dans tous les tissus nitratifères et ne s'accusent pas encore dans les organes qui, au moment de la pleine croissance, en contiennent peu.

Dans un pied jeune d'ortie du même terrain que le n° 2, le réactif n'accuse encore aucun précipité de nitrate à aucun niveau de la plante et dans aucun tissu. La plante a environ 0m,10 de hauteur.

1. Voir un travail de M. Meunier sur le sorgho. *Annales agronomiques*, VII, p. 73.

Un pied de *Chenopodium* en pleine végétation, au moment de la floraison, a son parenchyme médullaire abondamment chargé de nitrates. La même plante, très jeune, n'accuse pas la moindre réaction.

Le *Mercurialis annua*, qui est une des plantes les plus riches en nitrate quand elle est développée, n'accuse aucune trace de nitrate dans sa moelle caulinaire ni ailleurs quand elle est jeune ($0^m,06$ de hauteur environ).

Même résultat pour les pieds jeunes de *Spinacia oleracea* (haut. env. $0^m,15$) qui est une espèce presque aussi riche en sels que la Mercuriale.

Le 6 juin, des pieds de *Dahlia*, tenus sous châsse sur leurs tubercules dans du fumier humide, ne donnent au réactif, aucun indice de la présence de nitrates en excès dans leurs tissus parenchymateux. Le 10 octobre, les mêmes pieds, transplantés en pleine terre dans le jardin, accusent immédiatement dans une coupe à travers le tiers inférieur de la tige une grande abondance de nitrates. Cette abondance diminue vers le haut de la tige et à $0^m,15$ du sommet, il n'y a plus de précipité. La plante est alors en pleine végétation et fleurit.

D'un autre côté, les plantes qui ont dépassé la période de la plus forte activité végative, accusent une diminution progressive des nitrates dans les tissus et un déplacement du maximum de proportion. Ainsi dans les *Chenopodium viride* qui sont très chargés de nitrates en pleine végétation, les nitrates disparaissent complètement quand les feuilles sont fanées, la fructification terminée. Des oursins et des cristaux très fins d'oxalate remplissent partiellement la moelle injectée d'air et l'écorce. Le bois est très développé et la la tige dure et peu succulente.

Dans l'*Amaranthus chlorostachys* âgé, mêmes caractères de la tige. C'est seulement au sommet de l'axe, où la tige a gardé un peu de turgescence que le réactif arrive, après une demi-heure d'action, à produire un faible précipité.

Les *Amaranthus hybridus* et *silvestris* ne contiennent plus de nitrates accusables à cette période. L'*Am. paniculatus*, dans ces conditions, ne donne pas de précipité dans toute la partie inférieure de la tige dure et lignifiée ; mais les nitrates se précipitent encore en assez grande abondance à mi-hauteur de la tige, turgescente à ce niveau, ainsi que vers le sommet. Le *Papaver rhoeas* et le *Pa-*

rietaria officinalis sont signalés comme plantes très riches en azotates. Dans les éehantillons âgés (après fructification) de ces deux espèces, je n'ai trouvé aucune trace d'excès de nitrates dans le pavot, et très peu dans la pariétaire.

Il résulte de ce qui précède que le moment de la période de végétation où les plantes à nitrates sont le plus chargés de sels est celui qui précède immédiatement la floraison. A ce moment les organes végétatifs et assimilateurs sont arrivés généralement à leur plus grand développement et commencent à fonctionner, moins pour leur bénéfice propre que pour celui des organes reproducteurs où afflueront bientôt, sous leur forme de voyage, les substances immédiates élaborées par les organes végétatifs. Le courant de consommation, si on peut dire ainsi, des nitrates absorbés par le système radiculaire, ne se porte plus alors aux organes végétatifs, latéraux, inférieurs, mais au sommet physiologique de la plante, c'est-à-dire aux tissus actifs où il y a appel d'azote nitrique pour la constitution des nouvelles matières protéiques des organes en voie de développement. Il en est ainsi des axes d'ordre successif; les jeunes pousses qui contiennent alors des nitrates peuvent être considérées, physiologiquement, comme individus puisant les nitrates dans le substratum, c'est-à-dire l'axe qui les porte, comme les plantes herbacées les puisent dans le sol. Quand la plante qui, spécifiquement, peut emmagasiner des nitrates, est jeune, la presque totalité de ces sels absorbés par les racines, est utilisée de suite pour les besoins de l'économie des cellulles en voie de multiplication et notre réactif n'accuse aucun excès. Les premiers tissus qui se consolident sont ceux du collet de la racine et du bas de la tige ; les parenchymes de ces organes seront ainsi les premiers magasins de nitrates. Plus tard, ces magasins se déplacent vers le haut de la tige au fur et à mesure que les tissus plus jeunes se consolident à leur tour et, après la floraison et la fructification, le maximum d'azotates en excès se trouve au tiers supérieur de la tige dans les parenchymes les plus turgescents.

D'après ceci, une plante nitratifère, telle que la mercuriale, le dahlia, etc., c'est-à-dire une plante habituée à disposer de réserves plus ou moins considérables, doit, si on l'empêche de renouveler les quantités de sel employé pour son développement, en la séparant du sol, épuiser toutes ses réserves et se vider en quelque sorte de ses nitrates. D'un autre côté, cette même plante séparée de ses

réserves, mais pouvant tirer ses nitrates d'une autre source, doit absorber ceux-ci avidement et se préparer de nouvelles réserves aux dépens de cette source. Voici quelques expériences qui confirment cette manière de voir :

A. Une branche feuillue de *Dahlia* est coupée sous l'eau à un niveau où le réactif décèle encore la présence de beaucoup de nitrate en excès dans le parenchyme médullaire (14 octobre). Cette branche est placée dans un vase avec de l'eau distillée, à l'ombre. Le 22 octobre suivant elle a épuisé toutes ses réserves, et le réactif n'accuse, à aucun niveau, le moindre précipité. On pourrait objecter que les nitrates de la tige se sont perdus par diffusion dans l'eau distillée, mais cette objection est sans valeur parce que la cellule bien vivante ne laisse pas ainsi diffuser les substances dissoutes dans le suc cellulaire, sollicitée qu'elle est ici à céder son excès du côté des sommets physiologiques de la branche et qu'ensuite, l'examen direct de l'eau distillée dans laquelle plongeait la branche a démontré l'absence de nitrates.

B. Une branche de *Dahlia*, coupée sous l'eau, à un niveau où l'examen montre l'absence complète de réserves dans les parenchymes, est placée à l'ombre dans une solution à 4 p. 1000 d'azotate de potasse dans de l'eau distillée. Huit jours après, tout l'axe primaire de cette branche est abondamment chargé de nitrate au point de former, sur une coupe menée à travers le pédoncule floral, immédiatement au-dessus du capitule, un abondant précipité. Comme toujours, c'est la moelle un peu fistuleuse qui est ainsi gorgée de sel.

Entre ces deux sujets d'expérience *A* et *B*, l'un continuant à végéter en s'alimentant d'eau distillée, l'autre d'une solution à 4 p. 1000 d'azotate de potasse, on remarque une certaine différence d'aspect. La branche *A* est restée plus fraîche, mais le capitule, fermé au début, n'est que légèrement entr'ouvert; à la fin, les feuilles se dessèchent en commençant par les bords et irrégulièrement. Sur la branche *B*, le capitule est très avancé, épanoui (l'état des deux capitules était à peu près le même au début), mais les feuilles sont plus fanées, desséchées ou noires. Les feuilles se dessèchent en noircissant du sommet vers la base jusqu'au pétiole, elles semblent se vider. L'aspect général de cette branche est plus malade quant aux feuilles, mais la fleur est plus saine et plus avancée ainsi que la hampe florifère de la tige.

J'ai détaché de la branche *A* et de la branche *B* un jeune rameau latéral et je les ai placés dans une solution à 4 p. 1000 d'azotate de potasse. Au bout de huit jours, tous les deux sont gorgés de ce sel. Ils n'en avaient point au début.

La même expérience répétée avec d'autres plantes nitratifères, avec la mercuriale par exemple, qui est bien plus chargée de nitrates que le dahlia, avait donné les mêmes résultats avec cette différence pour la mercuriale qu'il faut à la plante un temps bien plus considérable de végétation dans l'eau distillée pour épuiser ses nitrates emmagasinés en grande quantité. Pour les voir disparaître complètement, il a fallu mettre en expérience un pied très jeune, en pleine activité, afin que ses tissus vivaces eussent pu utiliser toutes les réserves avant la fanaison et la mort de la plante. Une plante âgée déjà, n'arrive, dans ces conditions, qu'à épuiser incomplètement ses réserves de nitrates.

J'ai pensé qu'en étiolant des plantes à nitrates et en les étêtant, on doit provoquer une accumulation de ces sels dans leurs parenchymes, parce que les racines continuent à fonctionner à peu près comme auparavant, tandis que les nitrates absorbés ne trouvent plus d'utilisation dans la formation de nouvelles matières protéiques aux sommets végétatifs, et j'ai pu constater, dans ces conditions, une notable augmentation des réserves de nitrates dans les tissus de la mercuriale.

Quelle est la cause de cette accumulation d'un sel soluble dans le suc cellulaire des cellules parenchymateuses de la plante? C'est d'abord une propriété spécifique qui fait que certaines plantes, tout en vivant dans les mêmes conditions de milieu, se chargent plus de nitrates que d'autres, quoique le sol n'en contienne pas en abondance. Parmi les plantes cultivées, on les appelle plantes épuisantes. Cette propriété spécifique est probablement la résultante d'une adaption spéciale à un sol très riche en nitrates, et, de même qu'il y a des plantes qui affectionnent particulièrement les terrains siliceux ou calcaires, qui sont silicicoles ou calcicoles, il y a des plantes qui sont « nitraticoles », choisissant comme station de prédilection les terres où la nitrification se fait avec une certaine intensité.

Ainsi la plupart des plantes très riches en salpêtre sont des espèces qui croissent aux environs des habitations, sur les décombres et les détritus organiques comme par exemple les Mercuriales, Orties, Réséda luteola, Pomme de terre, Pomme épineuse,

Coquelicot, Chenopodium, Brassica, Sinapis, Capsella, Spinacia, Blitum, Fumaria, etc., connues plus ou moins sous le nom de « mauvaises herbes ». C'est par leur prédilection pour les nitrates que ces plantes font le plus de mal aux cultures; elles les envahissent de préférence à cause précisément de la richesse plus grande en azotates de la terre arable:

Une plante qui ne possède pas, par hérédité, la propriété spécifique de se charger de nitrates, ne peut le faire dans les conditions où une autre espèce nitraticole se charge de grandes quantités. Cette dernière cependant, pouvant faire le plus, peut le moins. Des tiges feuillues de *Senecio*, de *Chrysanthemum*, placées dans les mêmes conditions que le Dahlia dans une solution à 4 p. 1000 de nitrate de potasse, n'ont jamais absorbé des excès de sel, quoique continuant à bien végéter. Deux espèces de *Solanum* ayant poussé sur le même sol (bords de la Bièvre), à côté l'une de l'autre, prises au même degré de développement avancé, ont montré l'une, le *Solanum nigrum*, une grande abondance de nitrates en réserve, l'autre, le *Solanum villosum*, l'absence complète de nitrates en excès.

Les plantes nitratifères sont toutes des plantes très parenchymateuses, c'est-à-dire gorgées de suc et tendres, presque toutes des plantes annuelles. On peut à simple inspection des plantes annuelles qui croissent sur un terrain riche en azotates, reconnaître les espèces très chargées, au degré de leur succulence, car plus le système fibro-vasculaire est développé, et moins il y a de parenchyme, c'est-à-dire de tissus-magasins. Il en est de même des plantes salines à chlorure de sodium qui, prenant le sel au sol dont elles se sont fait depuis par adaptation une station de prédilection, possèdent également un système parenchymateux très développé. On peut se demander si les plantes à nitrates, à chlorure de sodium, à carbonates, subissent, passives, l'effet de l'excès de ces sels dans leur substratum ou si elles ne sauraient s'en passer au-dessous d'une certaine limite. Des expériences récentes de M. Bataline[1] ont montré que des plantes salines typiques peuvent parfaitement subsister en l'absence de leur sel favori, tandis que celles de M. Dehérain[2] ont prouvé qu'on ne peut impunément introduire dans l'alimentation des plantes qui n'en ont pas l'habitude, une portion déterminée de

1. Congrès d'horticulture, Saint-Pétersbourg, 1884.
2. *Annales agronomiques*, IV, p. 321.

chlorure de sodium. Cependant le parallèle à tirer entre les plantes salines et les plantes nitratifères s'arrête ici, car les nitrates sont, pour les plantes en général, un aliment autrement utile que le chlorure de sodium, etc., pour la majorité, d'un effet bien moins déprimant quand ils sont administrés en excès. En outre, tandis que les plantes salines et nitratifères, les plantes électives en général, s'accommodent bien d'un fort excès des substances minérales qui ont déterminé leur adaptation, les plantes salines sont plus exigeantes quant au minimum de la proportion de sel dans le substratum; les plantes à nitrates sont au contraire plus cosmopolites au besoin, car, d'après les recherches de MM. Schlœsing et Müntz, le ferment nitrique de la terre arable a la proprieté de mettre à la disposition de ces plantes un aliment constamment renouvelé et se formant à peu près dans tous les sols. Ainsi comprise, la faculté qu'ont certaines espèces d'accumuler des nitrates en excès (d'ailleurs non utilisés pour l'économie de la plante chez les espèces très chargées) n'est pas une qualité purement accidentelle et qui se manifesterait passagèrement en présence d'une grande richesse en nitrates du substratum : les plantes nitraticoles se chargeront d'azotates en épuisant le sol qui en contient, *à un moment donné,* de faibles proportions, et les plantes indifférentes à des excès de nitrates ne s'en chargeront pas au delà de la proportion déterminée par les besoins physiologiques de leur organisme et les lois de l'endosmose et de la diffusion.

De quelle façon des sels solubles et diffusibles peuvent-ils s'accumuler exclusivement dans certains tissus restreints du corps d'une plante ? Ce n'est pas le courant transpiratoire qui les y abandonne, sans cela ce courant en chargerait surtout les extrémités où la transpiration est la plus forte et les feuilles les plus âgées, au déclin de leur activité assimilatrice, en contiendraient le plus; d'un autre côté, une plante dont la croissance et l'activité fonctionnelle sont momentanément très lentes, se gorgerait de nitrates, ce qui n'arrive pas. Ramener la question à l'étude de l'équilibre de turgescence et de diffusion entre les cellules et le milieu ambiant, serait la déplacer seulement. La propriété d'accumuler des nitrates appartient à la cellule vivante et à sa membrane. De même qu'une cellule vivante chargée de matière colorante non figurée retient cette matière et la laisse diffuser après la mort du protoplasma, de même la cellule parenchymateuse de la moelle et de l'écorce retient les

nitrates quand elle est vivante et les laisse diffuser quand elle se meurt. Elle se meurt quand la turgescence, par suite de transpiration non compensée, descend au-dessous du minimum ou quand le protoplasma est tué. C'est pour cela que les nitrates viennent cristalliser à la surface de l'épiderme d'une tige d'ortie ou de pariétaire plongée dans le chlorhydrate de cinchonamine acidulé (expérience de MM. Arnaud et Padé) et que, dans une tige de pariétaire coupée depuis plusieurs jours et flétrie, les nitrates se sont concentrés exclusivement dans la zone du parenchyme médullaire au contact immédiat du bois primaire. Les nitrates sont-ils dans les cellules vivantes en tension chimique quelconque comme cela paraît être le cas pour d'autres principes solubles localisés[1], ou bien leur migration ne serait-elle qu'apparente en tant que ces sels, répartis dans tout le corps de la plante selon les lois de la simple diffusion, ne s'accumuleraient que dans les cellules où leur consommation ne serait pas immédiate et complète? Cette deuxième hypothèse n'est pas admissible, parce que d'abord la propriété d'emmagasiner des nitrates n'appartient pas à toutes les plantes, et qu'ensuite l'expérience directe montre que la diffusion aidée de la transpiration seule ne suffisent pas à absorber des nitrates en excès dans le substratum. Une portion d'un rameau de dahlia de $0^m,10$ de long, ne contenant pas trace d'excès de nitrate est plongé par son extrémité inférieure dans une solution à 4 p. 1000 de nitrate de potasse. Au bout de huit jours, le contenu de ses cellules parenchymateuses n'a pas changé vis-à-vis de notre réactif et ne montre aucun excès de nitrates absorbés. Au contraire, un rameau pareil, mais couronné d'un capitule, par conséquent vivant et possédant un sommet physiologique, placé dans les mêmes conditions a concentré, au bout du même temps, une très forte proportion de nitrates dans son parenchyme médullaire, et cette concentration s'est faite à quelques centimètres au-dessus du niveau de la coupe, là où les cellules médullaires ont conservé toute leur vitalité jusqu'alors. La moelle est d'ailleurs très longtemps le siège d'importants phénomènes physiologiques; elle est ordinairement cristallogène.

Voici la liste des plantes que j'ai examinées au chlorhydrate de cinchonamine à différentes étapes de la végétation :

1. P.-P. Dehérain, *loc. cit.*, p. 347.

Plantes contenant des réserves de nitrates.

Solanum tuberosum.	Ballota, sp.
Parietaria officinalis.	Chenopodium, sp.
Urtica dioïca.	Cirsium, sp.
Mercurialis annua.	Matricaria, sp.
Blitum Bonus Henricus.	Dahlia.
Fumaria officinalis.	Spinacia oleacea.
Triticum repens.	Amaranthus chlorostachys.
Beta, sp.	— paniculatus.
Capsella Bursa pastoris.	Datura stramonium.
Lappa major.	Solanum nigrum.
Sinapis alba.	Cucurbita melopepo.
Reseda luteola.	Diplotaxis, sp.
Brassica oleracea.	Boehmeria.

Plantes ne contenant pas de nitrates en excès.

Senecio vulgaris.	Dianthus, sp.
Fœniculum officinale.	Stellaria Holosteum.
Lactuca Scariola.	Rumex, sp.
Galium apparine.	Crepis, sp.
Syringa vulgaris.	Phaseolus multiflorus (étiolé).
Beta maritima.	Althæa rosea.
Obione, sp.	Vinca minor.
Anchusa, sp.	Chrysanthemum, sp.
Viola tricolor.	Solanum villosum.
Malva, sp.	

Parmi les plantes contenant des réserves, il faut citer comme particulièrement riches, les espèces suivantes :

Solanum tuberosum.	Sinapis alba.
Urtica dioïca.	Brassica oleracea.
Mercurialis annua.	Spinacea oleracea.

auxquelles il faut ajouter, d'après M. Boussingault : le Spilanthus oleracea, l'Atropa belladona, le Mesembryanthemum edule, le Nicotiana tabacum, l'Helianthus annuus, le Borrago officinalis, et, d'après la liste de MM. Berthelot et André : le Triticum sativum, l'Avena sativa, le Papaver rhoeas, le Bryonia dioïca et divers Amaranthes. A ajouter encore les racines de betteraves, le sorgho et la canne à sucre. Rappelons cependant que les proportions absolues de nitrate emmagasinées peuvent varier d'une étape de la végétation à l'autre et d'une station à l'autre, mais, toutes conditions égales d'ailleurs, ces proportions y seront plus fortes que dans d'autres plantes voisines.

Dans ses études sur la végétation de l'Helianthus dans un sol stérile additionné de proportions variables de nitrates, M. Boussingault[1] est arrivé à conclure que l'azote du nitrate absorbé est assimilé par la plante, que pour chaque équivalent d'azote assimilé, l'*Helianthus* paraît avoir fixé un équivalent de potasse, et en outre, qu'on retrouve dans le sol à peu près en totalité le nitrate que la plante n'a pas absorbé, etc. Il ajoute plus loin : « Dans la supposition où les nitrates proviennent du sol, il est tout naturel de les rencontrer dans les plantes, et cela, par la même raison qu'on y rencontre des composés ammoniacaux. Ce sont évidemment dans l'un et dans l'autre cas, des sels récemment introduits, qui n'étaient pas encore élaborés quand le végétal a été enlevé à la terre. » (p. 158.) D'un autre côté, MM. Berthelot et André, dans leurs recherches récentes sur les azotates des plantes sont arrivés à la conclusion que la propriété d'élaborer des nitrates est une fonction spéciale de la plante qui s'exerce principalement dans la tige[2]. Nous avons entrepris des expériences de culture pour vérifier cette conclusion sur des plantes nitratifères cultivées dans un sol libre d'azote nitrique, à l'abri des organismes inférieurs qui y déterminent la nitrification. Des branches de dahlia, coupées sous l'eau et mises par leur extrémité coupée dans des solutions de sulfate d'ammoniaque à divers titres et renouvelées souvent, n'ont jamais accusé par notre réactif la présence des nitrates.

REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Chimie agricole.

Fixation de l'azote atmosphérique sur le sol, par M. BERTHELOT[3]. — L'illustre professeur du Collège de France, dose dans des sables et des argiles bruts l'azote total, l'azote ammoniacal et l'azote nitrique, puis il les laisse exposés à l'action de l'air, soit dans une chambre close, soit en plein air au-dessus du sol d'une prairie, soit à la partie supérieure de la tour de 28 mètres qu'il a fait construire à la station de chimie végétale de Meudon, soit enfin dans des vases fermés ; puis il recommence les dosages à de nombreuses reprises, il constate que l'azote combiné va toujours en augmentant.

« Les chiffres suivants précisent cette fixation opérée sur 2 kilog. de matière pendant une saison (avril à octobre 1885.)

1. *Loc. cit.*, p. 180, vol. I.
2. *Note aux Comptes rendus Acad. des sciences*, 25 août 1884.
3. *Comptes-rendus*, t. CI, p. 775.

Substances	Azote initial.	Flacon clos. (Lumière).	Chambre close.	Prairie.	Tour.
Sable jaune I....	0gr,0910	0gr,1289	0gr,1179	0gr,0983	»
Sable II........	0,1119	0,1503	0,1639	0,1295	0 1396
Argile Kaolin III.	0,0210	0,0494	0,0407	0,0353	0 0557
Kaolin IV.......	0,1065	0,1236	»	0,1144	0 1407

« On voit qu'elle est du même ordre de grandeur dans les quatre cas; sans que l'exposition à l'air ait donné lieu à quelque accroissement particulier attribuable aux composés azotés, ammoniaque ou acide azotique apportés par l'atmosphère. L'apport possible de ces derniers deméurerait en tous cas, d'après les expériences citées fort, au-dessous des quantités d'azote réellement fixées. Il ne saurait d'ailleurs en être question dans les expériences faites en votre clos.

« Attachons-nous au poids absolu de l'azote absorbé par 1 kilog. Il s'est élevé, au contact de l'air dans la chambre avec le sable (I) dans la première saison (1884) à 0gr,022; dans la seconde saison (1885) à 0gr,024; en vase clos à 0gr,038.

« Avec le sable II, les gains ont été dans la chambre 0gr,052; en vase clos 0gr,038; dans la prairie et sur la tour 0gr,018 et 0gr,028; mais ces derniers sont trop faibles, les lavages dus à la pluie ayant du amener des déperditions.

« Avec le kaolin (III) les gains ont été, dans la chambre 0gr,020; dans le vase clos 0gr,028; dans la prairie 0gr,014; sur la tour 0gr,025. Ce kaolin était très pauvre en azote aux débuts.

« Si l'on rapproche de ces chiffres la surface des pots employés dans la prairie et sur la tour (113cq), ils conduiraient, pour une surface de 1 hectare, à des fixations d'azote tels que : 20 kilog. pour le sable I, 16 et 25 kilog. pour le sable II, 32 kilog. pour le kaolin III; nombres que je donne seulement pour fixer les idées. Ils sont, en effet, beaucoup trop faibles, puis qu'ils se rapportent à des épaisseurs de sol minimes, telles que 0m,08 et 0m,10; tandis que l'absorption de l'azote s'est faite tout aussi bien et proportionnellement sous une épaisseur quintuple (0m,45) dans les pots de la chambre intérieure. On comprendra mieux l'ordre de grandeur du phénomène, si l'on observe, d'une part, que les apports d'azote, dus à l'azote tant nitrique qu'ammoniacal des eaux de pluie à Rolhamsted sont évalués, par MM. Lawes et Gilbert à 8 kilog. par hectare. A Montsouris, on a trouvé seulement 1k,7 en 1883. »

M. Berthelot ne s'est pas contenté de constater par de nombreuses analyses (500) la fixation de l'azote dans le sol, il a recherché à quelles causes cet important phénomène pouvait être attribué, il a reconnu en stérilisant les sols précédents par une température de 100° et un courant de vapeur d'eau prolongé cinq minutes, que les sols ainsi préparés et placés dans l'air filtré, sur des tampons de coton et par suite privés d'organisme vivants avaient perdu la propriété de fixer l'azote de l'air.

Il existerait donc dans les sables ou kaolins, matière première des terres végétales, un ou plusieurs organismes susceptibles de fixer l'azote de l'air; nous connaissons beaucoup d'organismes qui sont capables de porter l'oxygène de l'air sur la matière organique, jusqu'à présent, on n'en connaissait pas qui fussent susceptibles de fixer l'azote atmosphérique.

Sur les propriétés de l'orge destinée à la fabrication de la bière, par M. Märcker[1]. — Pendant que l'amidon de l'orge se transforme en sucre, etc., une série d'autres corps (matières extractives) passent également dans la bière, et il est à craindre qu'ils ne troublent le produit; il faut donc que les matières incomplètement solubles se déposent. Lorsque l'orge est très riche en protéine, une grande partie des matières albuminoïdes se dissout, mais il reste néanmoins un trouble, de sorte que la bière prend une apparence louche et se conserve mal. Il est par conséquent tout naturel que les brasseurs recherchent une orge pauvre en azote, mais très riche en amidon.

L'orge est d'autant plus riche en amidon que ses enveloppes sont plus légères, comme celles de l'orge Chevalier, et que le grain n'est pas trop petit, ce qui aurait pour conséquence d'augmenter le poids relatif des enveloppes. Le poids des grains et celui des enveloppes est très variable. D'après les recherches de M. Märcker, 1 gramme peut renfermer de dix-neuf à trente-trois grains, de sorte qu'on peut admettre un maximum de vingt-cinq grains par gramme (soit cent grains = 4 gr.) pour une bonne orge de brasserie. Les meilleurs variétés ont donné 6,5, les moins bonnes 14,2 d'enveloppes p. 100 de grain. On pourra donc accepter une orge contenant 8 à 10 p. 100 d'enveloppes.

On recherche la couleur claire, parce qu'elle est une preuve de l'état de santé du grain, quand l'orge a été exposée à la pluie, elle brunit aux pointes.

La faculté germinative doit être aussi élevée que possible, parce que les grains qui l'ont perdue pourrissent et gâtent le malt.

Les brasseurs ont été conduits à choisir inconsciemment de l'orge pauvre en azote en préférant les grains tendres à ceux qui présentent une consistance vitreuse ou grasse. L'analyse a montré en effet que les premiers sont plus pauvres en azote. Plus l'orge est pauvre en albuminoïdes, plus le brasseur la paye cher, et il a raison; les meilleurs échantillons ne contiennent pas plus de 9 p. 100 de matières albuminoïdes.

D'après M. Märcker, l'aspect vitreux proviendrait de ce que les espaces intercellulaires sont plus étroits que dans les autres grains; l'eau y pénètre donc plus difficilement lors de la germination et celle-ci est par conséquent inégale. En revanche, l'orge vitreuse est excellente pour la distillerie, parce que les matières albuminoïdes servent d'aliment à la levure.

Les essais de culture ont montré que le nitrate de soude augmente particulièrement les matières protéiques du grain : en donnant, par exemple, 100 kilogr. de nitrate de soude à l'hectare, on obtient 9,0 p. 100 d'albuminoïdes dans le grain; en donnant 400 kilogr. de cet engrais, on trouve dans le grain 13,8 p. 100 de matières albuminoïdes. Il faudra donc être réservé dans l'emploi des engrais azotés. Il paraît enfin que l'orge semée drue donne une récolte moins riche en azote que la même variété clair-semée.

La diffusion et la carbonatation appliquées au sorgho. — M. Harvey W. Wiley, chimiste du département de l'agriculture, aux États-Unis, vient de

1. Die Tigenschaften guter Braugerste. Landwirthsch. Zeit. u. Anzeiger, 1884, p. 722. — *Centralbl. f. Agrikulturchemie*, 1885, p. 485.

publier un rapport sur les expériences de diffusion et de carbonatation qui ont eu lieu à Ottova (Kansas), avec des cannes de sorgho sucré, pendant la campagne 1885. La diffusion a parfaitement réussi, abstraction faite de quelques inconvénients dus à l'imperfection des appareils. Les jus extraits par ce procédé ont été additionnés de 1 1/2 p. 100 de chaux, puis carbonatés jusqu'à une alcalinité de 0,2 en chaux. On a chauffé jusqu'à l'ébullition et passé le tout aux filtres-presses. Le jus clair, très limpide, a été traité par l'acide sulfureux puis évaporé et cuit. La masse cuite était de qualité bien supérieure à celle obtenue par les procédés ordinaires.

La température du jus pendant la carbonatation ne doit pas dépasser 40° C.

En résumé, M. Wiley constate que :

1° Par la diffusion, on a extrait 98 p. 100 du sucre contenu dans la canne et le rendement a été double de celui que donnent les procédés ordinaires ; les difficultés à surmonter ne sont que d'ordre mécanique.

2° Le procédé de la carbonatation est la seule méthode d'épuration qui fournisse un jus limpide, avec le maximum de pureté et le minimum de perte.

3° Par l'application convenable de la diffusion et de la carbonatation, on peut extraire au moins 95 p. 100 du sucre de la canne, sous forme de sucre turbiné et de mélasse.

Agriculture.

Recherches sur l'influence des engrais donnés sous différentes formes aux semis, par MM. C. von Tautphöus et E. Wollny[1]. — Ce travail étendu est appuyé de nombreux tableaux, que nous regrettons de ne pouvoir reproduire, nous nous bornerons à énumérer les principaux résultats obtenus par les auteurs.

Pour que les jeunes racines trouvent dès la germination des quantités notables de matières nutritives, on peut avoir recours soit à la macération des graines dans une solution d'engrais, soit au pralinage.

1. *Macération des graines.* On a fait gonfler les graines dans des solutions contenant de 0,5 à 5 p. 100 de sulfate de potasse, de chlorure de sodium, de nitrate de soude ou de potasse, de phosphate de potasse, etc. ou dans du purin.

a. La macération dans ces solutions produit, quant à la germination, les mêmes effets que celle dans l'eau pure, c'est-à-dire que la germination est accélérée à condition que le liquide nourricier n'altère pas la faculté germinative.

b. Généralement, la récolte de grain ne diffère pas de celle qu'on obtient après une simple macération dans l'eau. Dans quelques cas isolés, l'avantage est resté à la macération dans les solutions nourricières.

c. Les graines macérées dans l'eau ou dans les solutions nourricières donnent

1. *Zeitschr. des landwirthshc. Vereins in Baiern*, 1885, pp. 165, 257, 329. — *Die Keimung der Samen bei verschied. Beschaffercheit derselben.* 1876. — *Centralbl. für Agrikulturchemie*, 1885, p. 447.

une meilleure récolte que celles qui n'ont pas subi de préparation. La solution de 1 p. 100 de nitrate de potasse fait exception en ce qu'elle exerce une influence funeste sur la récolte.

d. Dans un grand nombre de cas, on obtient une plus forte récolte de paille après macération que sans macération.

e. La macération des semences de betteraves dans du purin, diminue la croissance des racines en favorisant souvent d'une manière extraordinaire celle des feuilles.

2. *Pralinage des graines.* La quantité d'engrais donnée aux graines est beaucoup plus forte que dans le premier procédé, quoique de beaucoup inférieure à celle qui est nécessaire au développement des plantes.

a. Le pralinage retarde la germination et diminue le taux des graines germées.

b. La récolte en grain est tantôt augmentée, tantôt diminuée, l'effet par conséquent très variable.

c. Souvent la croissance des tiges et des feuilles est favorisée, ce qui entraîne une augmentation de la récolte en paille.

M. Wollny explique la variabilité de l'effet du pralinage par la solubilité plus ou moins grande des engrais employés et par les quantités très variables d'eau dont dispose la graine dans le sol. On sait, en effet, qu'une solution concentrée nuit à la graine et qu'en général on ne doit pas dépasser 5 p. 100. Or, la graine pralinée peut se trouver dans une solution plus concentrée lorsque l'engrais est très soluble et que le temps est relativement sec, tandis que dans d'autres conditions, la concentration peut rester au-dessous du maximum.

Lorsque les engrais employés sont très peu solubles, tels que la farine d'os, on n'a pas à craindre de nuire à la faculté germinative. Dans le cas contraire, et surtout lorsqu'on se sert de sels acides, on fait bien de mêler à l'engrais une matière inerte, par exemple, de la sciure de bois. La nature physique du sol, son pouvoir absorbant, sont loin d'être sans influence; le pralinage est peu recommandable lorsque le sol ne possède qu'un faible pouvoir absorbant et se dessèche facilement. Les semences elles-mêmes sont différemment sensibles aux effets nuisibles du pralinage. De toutes les semences mises en expérience, les pois résistent le moins bien et les haricots le mieux à ce mode de fertilisation. Il est à prévoir que ces divergences dépendent en première ligne de la structure du tégument séminal ou éventuellement du péricarpe.

3. *Engrais déposés dans les sillons.* Cette méthode qui consiste à déposer dans les sillons à la fois les semences et l'engrais, se distingue du pralinage et de la macération des graines par la quantité beaucoup plus considérable de l'engrais dépensé. Les expériences ont été conduites de manière à permettre une comparaison avec les résultats que l'on obtient en répandant la même quantité d'engrais d'une manière uniforme sur une même surface de terre.

a. Les résultats de la fumure en sillons sont extrêmement inconstants, comparés à ceux de la fumure uniforme; la récolte étant tantôt plus faible, tantôt plus forte.

b. Dans bien des cas, on peut employer indifféremment l'un ou l'autre mode de distribution de l'engrais.

Il est donc prudent de préférer la fumure uniforme à l'autre. Ce n'est que

dans un sol humide et doué d'un pouvoir absorbant considérable qu'on pourra recourir avec quelque avantage à la fumure en sillon.

4. *Engrais déposés dans les trous.* Ce mode de fumure usité pour les pommes de terre, donne lieu aux mêmes remarques théoriques que les précédents. Les expériences ont porté sur quatorze variétés de pommes de terre, qu'on a plantées dans des trous de 10 centimètres de profondeur, distants de 50 centimètres en tous sens, et dans lesquels on avait versé préalablement une quantité toujours égale, d'un engrais pulvérulent.

a. La récolte, comparée à celle qu'on obtient sans engrais, est ordinairement plus abondante, quelquefois cependant plus faible.

b. Elle ne diffère pas en général de celle qui provient d'un champ fumé d'une manière uniforme.

c. Le résultat est franchement défavorable dans les années sèches.

On ne peut donc recommander cette pratique que lorsque le sol est humide de sa nature ou pourvu de quantités suffisantes d'eau à la suite de fortes pluies.

Malgré l'abondance des engrais, les petites pommes de terre ont toujours moins produit que les grosses, même quand elles n'avaient reçu aucune fumure; nouvelle preuve de ce fait : en employant de grosses semences, on fournit en même temps à la jeune plante l'engrais le plus favorable à son développement.

5. *Engrais déposés sur les racines.* Dans les pays où l'on repique les betteraves, on se sert parfois de ce procédé qui consiste à plonger la racine dans une espèce de bouillie riche en matières fertilisantes. Les auteurs se sont servis : 1° d'argile délayée dans l'eau, additionné d'un tiers de son volume de superphosphates (de guano) et de sulfate de potasse; 2° d'argile délayée dans l'eau; 3° d'argile délayée dans l'eau et de purin fermenté; 4° d'argile et de farine d'os; 5° d'argile et de guano superphosphaté.

Les expériences ont prouvé que la fumure donnée aux racines est nuisible à la récolte, et qu'elle se borne à favoriser le développement des feuilles. Les engrais solubles sont seuls nuisibles, tandis que la farine d'os se comporte d'une manière indifférente. Quoique les expériences aient été faites pendant la compagne très sèche de 1884, il n'y aucune raison de croire que la fumure des racines diffère, quant à ses résultats, des précédentes. La méthode est par conséquent sans importance dans la grande culture, tandis qu'elle peut parfois, dans les années humides et dans les sols très abondants, donner de bons résultats dans les petites cultures.

La maladie de la pomme de terre et la culture préservatrice, par M. L. Jensen[1]. — L'inventeur bien connu du mode de culture qui porte son nom a continué ses essais et maintient l'utilité de son procédé contre les observations d'un assez grand nombre de cultivateurs qui, ayant suivi ses indications, sont arrivés à des résultats peu satisfaisants.

Le buttage doit être fait d'un côté des lignes avant que la maladie se soit

1. *Hannoversches Land u. forstlwirthsch. Vereinsbl.*, t. XXIV, p. 343-347. — *Centralbl. f. Agrikulturchemie*, 1885, p. 473.

étendue sur les feuilles. Les buttes doivent avoir de $0^m,26$ à $0^m,30$ d'élévation pour que, à la récolte, les tubercules soient couverts d'une couche de terre de $0^m,10$ à $0^m,12$. Il faudra par conséquent adopter un écartement entre les lignes, d'environ $0^m,80$.

Les essais en petit ont été littéralement brillants. Tandis que la culture ordinaire a donné en Angleterre au minimum 5 p. 100 et au maximum 53 p. 100, en Danemark, 22,6 à 57,6 p. 100 de tubercules malades, la culture d'après la méthode de Jensen a donné constamment le beau chiffre de 0 p. 100.

Un succès aussi complet n'est guère probable dans la grande culture, mais si on pouvait faire descendre le chiffre des tubercules malades de 20,40 ou même 50 p. 100 à son 2 p. 100, ce serait déjà un très beau résultat.

On a vu dans de précédents articles que la méthode de Jensen, si d'une part elle enraye jusqu'à un certain point l'extension de la maladie, est surtout accusée de déprimer singulièrement la valeur de la récolte.

M. Jensen recommande certaines précautions qui, étant bien prises, assurent une récolte au moins aussi abondante que celle qu'on obtient par la méthode ordinaire.

Le buttage protecteur doit être fait environ dix jours avant la floraison, aussitôt que les plantes sont assez robustes pour porter la couche de terre prescrite. Que les fosses soient aussi profondes que le permet l'écartement des lignes, que les tiges ne soient pas forcées de prendre une position inclinée, ce qui diminuerait la récolte. Un buttage ordinaire doit précéder celui dont il s'agit en ce moment; s'il n'avait pas été fait, on pourrait l'exécuter en même temps que ce dernier, à l'aide d'une houe à manche court et du côté opposé à la butte protectrice.

On a fait cent cinq essais, en Danemark, en Suède et en Norvège. Chaque parcelle comprenait cinquante plantes. La somme des récoltes obtenues par le procédé Jensen a été de 3915 kilogr. et de 3908 kilogr. par la méthode ordinaire. Le résultat a donc été sensiblement le même dans les deux cas, quoiqu'on n'eût souvent procédé au buttage protecteur qu'après ou pendant la floraison.

Le Gérant: G. MASSON.

BOURLOTON. — Imprimeries réunies, B.

CULTURES EXPÉRIMENTALES DE WARDRECQUES

(PAS-DE-CALAIS)

ET DE BLARINGHEM (NORD)

PAR MM.

PORION

Président de la Société d'agriculture de Saint-Omer

ET

DEHÉRAIN

Professeur au Muséum et à l'École de Grignon.

Pendant de longues années, la culture de la betterave et celle du blé ont assuré la prospérité agricole des départements du Nord et du Pas-de-Calais. Quand le sucre valait 60 francs les 100 kilos et le blé plus de 20 francs l'hectolitre, les rendements assez élevés habituellement obtenus dans la région septentrionale étaient suffisants pour fournir aux cultivateurs une juste rémunération de leur travail. Il n'en est plus ainsi aujourd'hui ; les prix de vente du sucre et du blé ont considérablement fléchi et la gêne a succédé à l'aisance.

Les plaintes des cultivateurs et des fabricants de sucre, de plus en plus vives, ont été entendues ; on a chargé d'un droit de 3 francs par quintal les blés étrangers à leur entrée en France, on a modifié l'impôt qui pèse sur l'industrie sucrière ; au lieu de le percevoir sur le sucre achevé, on l'établit d'après le poids des betteraves mises en œuvre. Peut-on, dans ces conditions nouvelles, en vendant le blé 20 francs le quintal, le sucre 40 ou 45 francs les 100 kilos, mais en profitant des hauts prix que le fabricant peut attribuer aux betteraves riches en sucre, cultiver encore avec profit les terres fertiles du Pas-de-Calais et du Nord ? Les connaissances agricoles acquises sont-elles suffisantes pour guider les praticiens et les aider à sortir de la position difficile dans laquelle ils se trouvent ? C'est pour le savoir que nous avons entrepris les cultures expérimentales de Wardrecques et de Blaringhem et que nous comptons les maintenir encore pendant une période de plusieurs années.

production a consommé : la racine s'appauvrit. Si nos betteraves ont eu à souffrir de cette arrière-saison pluvieuse, si leur richesse en sucre n'atteint pas les chiffres très élevés qu'on obtient souvent avec les graines excellentes que nous avons employées et que montrait leur densité avant les grandes pluies de septembre, elles ont été moins éprouvées par les sécheresses de l'été que dans d'autres contrées où le sol est plus perméable.

La terre de Wardrecques est en effet une terre forte qui gagne à être drainée; elle ne se dessèche que lentement, et les betteraves que nous y avons semées ont pu continuer à végéter, tandis que dans des terrains plus secs leur végétation était presque complètement arrêtée ; aussi nos rendements sont-ils restés élevés.

Les graines employées appartiennent à deux variétés différentes : l'une est la variété Vilmorin améliorée qui donne, comme on sait, des racines d'une grande richesse, mais parfois fourchues dans les terres mal préparées ; perdant par suite un poids notable à la tare (cet inconvénient ne s'est pas présenté à Wardrecques cette année) ; l'autre variété ensemencée est une betterave allemande de M. Dippe qui tire son origine des Vilmorin améliorées et qui fournit également des racines très riches.

Les graines ont été placées à 0m,20 sur des lignes espacées de 0m,40; on devait donc avoir douze racines au mètre carré : à l'arrachage, on ne s'est pas trouvé loin de ce nombre, les manques ayant été complètement évités. Le champ de betteraves dans lequel ont été tracées les parcelles a reçu une fumure générale de 1700 kilos de tourteau[1] et de 140 kilos de nitrate de soude par hectare.

On a voulu savoir s'il était avantageux d'ajouter à ces fortes fumures un supplément d'engrais azoté : deux parcelles **22** et **26** ont reçu comme engrais complémentaire 200 kilos de sulfate d'ammoniaque ; on a cherché en outre si les superphosphates exerceraient une action quelconque sur le poids et la qualité de la récolte ; les parcelles **19** et **23** ont reçu 600 kilos de superphosphates à l'hectare, tandis qu'on en donnait 1200 kilos sur **20** et **24**; on a distribué simultanément à **21** et **25** : 200 kilos de sulfate d'ammoniaque et 600 kilos de superphosphate ; enfin

1. Ces tourteaux présentent la composition suivante :

Azote	6.70	p. 100
A. phosph.	1.50	—
Potasse	1.00	—

26 *bis* n'a reçu que la fumure générale sans aucun engrais complémentaire, elle sert ainsi de terme de comparaison.

Betteraves Vilmorin. — Les résultats obtenus pour les betteraves Vilmorin sont consignés au tableau n° 1 et les résultats pour

TABLEAU I. — CULTURE DES BETTERAVES VILMORIN A WARDRECQUES EN 1885.

Tous les chiffres sont rapportés à l'hectare.

NUMÉROS des parcelles.	ENGRAIS	POIDS.	DENSITÉ DU JUS.	SUCRE PAR décilitre.	SUCRE pour 1 degré de DENSITÉ.
				gr.	
19	600 kil. superphosphate de chaux..	49.600	7°,50	16.35	2.18
20	1200 kil. superphosphate de chaux.	47.800	7°,65	16.72	2.18
21	600 kil. superphosphate ; 200 kil. sulfate d'ammoniaque...........	43.800	7°,30	16.30	2.23
22	200 kil. sulfate d'ammoniaque......	42.400	7°,60	16.85	2.21
23	600 kil. superphosphate de chaux...	43.200	7°,40	16.12	2.18
24	1200 kil. superphosphate de chaux..	44.100	7°,60	16.85	2.21
25	600 kil. superphosphate ; 200 kil. sulfate d'ammoniaque...........	44.400	7°,55	16.57	2.18
26	200 kil. sulfate d'ammoniaque.....	43.200	7°,00	15.04	2.15
26 bis.	Néant...........................	41.700	7°,40	16.12	2.18
Moyennes	....	44.464	7°,45	16 32	2.19

les betteraves Dippe au tableau n° 2. Il est facile de voir que la récolte a été remarquable : faire monter le poids des betteraves marchandes, lavées et décolletées, à près de 50 000 kilos quand on sème des Vilmorin ou des Dippe est un chiffre exceptionnel. On remarquera en outre que les fumures supplémentaires ont exercé une action manifeste : tandis que la parcelle **26** *bis* n'a donné que 41 700 kilos, on en a obtenu 42 400 et 43 200 quand la terre a été additionnée de sulfate d'ammoniaque; l'emploi du mélange de sulfate d'ammoniaque et de superphosphate a fait monter la récolte de la parcelle **21** à 43 800 kilos et celle du n° **25** à 44 400. Les superphosphates employés seuls ont donné des chiffres inégaux; tandis que sur **23** la récolte n'est que de 43 200 kilos, elle atteint 49 600 sur **19**; c'est la récolte la plus forte de toute la série il ne

semble pas qu'il soit utile de pousser la dose de superphosphate jusqu'à 1 200 kilos ; en effet si **20** donne 47 tonnes 8, **24** reste à 44,1 : les chiffres ne sont pas plus élevés qu'avec une dose de superphosphates moitié moindre.

Si nous fondons les rendements obtenus par les engrais sur les deux parcelles qui ont reçu la même fumure en une seule moyenne, nous obtenons les chiffres suivants :

	Kilos.
Pièce cultivée sans fumure complémentaire	41.300
Témoin	41.700
Sulfate d'ammoniaque	42.800
Sulfate d'ammoniaque et superphosphate de chaux	44.100
600 kilos superphosphate de chaux	46.400
1200 kilos superphosphate de chaux	45.900

L'influence des superphosphates sur l'abondance de la récolte est donc sensible.

Les engrais ont-ils en outre exercé quelque action sur la richesse en sucre des betteraves ? On ne saurait l'affirmer. Si en effet **26** a donné les betteraves les plus pauvres de la série, ce qu'on serait tenté d'attribuer à l'action fâcheuse du sulfate d'ammoniaque, d'autre part **22**, qui a reçu la même dose d'engrais azoté que **26**, a fourni des racines marquant 7°,60, accusant au saccharimètre 16,85 de sucre, chiffre que nous n'avons pas dépassé ; les betteraves de **19** et de **23** sont un peu moins sucrées que celles de **20** et de **24**, mais les différences sont trop faibles pour qu'on puisse les attribuer à l'influence heureuse d'un excès de superphosphates ; enfin les racines de **21** et de **25** qui ont reçu le mélange de sulfate d'ammoniaque et de superphosphate donnent encore des chiffres à peu près semblables aux précédents. Sur l'ensemble de la pièce, les betteraves Vilmorin présentaient une densité de 7°,4, analogue à celle des parcelles d'expériences.

On remarque donc, comme l'un de nous l'avait déjà observé à Grignon les années précédentes, que les engrais azotés d'origine organique sont loin d'exercer sur des races fixées depuis longtemps, comme les racines améliorées par MM. Vilmorin, l'action fâcheuse qu'ils produisent sur des races de mauvaise qualité.

Betteraves Dippe. — Les graines Dippe ont donné un poids de racines un peu supérieur à celui des betteraves Vilmorin ; il est à remarquer que pour les deux variétés la fumure générale ne renfermait pas une quantité suffisante d'acide phosphorique, en effet,

avec cette fumure seule, le poids des racines à l'hectare est seulement de 43900 kilos, sur la parcelle d'essai et de 45300 pour l'ensemble de la pièce; tandis que toutes les parcelles qui ont reçu de l'acide phosphorique ont donné des chiffres plus élevés; en moyenne les deux parcelles qui ont reçu la forte dose de superphosphate fournissent un rendement plus considérable que celles qui n'ont eu que 600 kilos, mais cette moyenne est obtenue par les deux chiffres très divergents de 50400 kilos pour 28 et de 45200 pour 32, de telle sorte qu'on ne saurait affirmer que la dose la plus forte a exercé réellement une influence plus favorable; il semble en revanche que la fumure générale renfermait une quantité d'azote suffisante car la moyenne de 34 et de 30 qui ont reçu le sulfate d'ammoniaque est précisément de 43900 comme la parcelle qui a reçu la fumure générale : la moyenne des deux parcelles 29 et 33 qui ont eu à la fois du superphosphate et du sulfate d'ammoniaque est à peu près celle des parcelles qui ont eu seulement du superphosphate, ce qui montre de nouveau qu'il n'était pas nécessaire d'ajouter d'engrais azotés à la fumure générale.

TABLEAU II. — CULTURE DES BETTERAVES DIPPE A WARDRECQUES EN 1885.

Tous les chiffres sont rapportés à l'hectare.

NUMÉROS DES PARCELLES.	ENGRAIS SUPPLÉMENTAIRES	POIDS des RACINES.	DENSITÉ DU JUS.	SUCRE PAR décilitre.	SUCRE pour 1 degré de DENSITÉ.
				gr.	
27	600 kil. superphosphate de chaux...	46.900	7°,1	15.66	2.20
28	1200 kil. superphosphate de chaux..	50.400	7°,2	15.77	2.19
29	600 kil. superphosphate ; 200 kil. sulfate d'ammoniaque............	48.800	7°,2	15.77	2.19
30	200 kil. sulfate d'ammoniaque.......	46.200	7°,0	15.40	2.20
31	600 kil. superphosphate de chaux..	46.700	7°,5	16.72	2.23
32	1200 kil. superphosphate de chaux..	45.200	7°,4	16.62	2.24
33	600 kil. superphosphate; 200 kil. sulfate d'ammoniaque............	45.100	7°,2	15.81	2.19
34	200 kil. sulfate d'ammoniaque.	41.700	7°,0	14.72	2.10
27 bis.	Néant.........................	43.900	7°,0	15.58	2.22
Moyennes		46.100	7°,18	15.78	2.19

En moyenne les betteraves Dippe ont montré une moindre richesse que les Vilmorin ; il semble, de plus, que l'influence fâcheuse des engrais azotés employés seuls ait été sensible ; en effet les racines récoltées sur **24** ne renferment que 14,72 de sucre et celles de **20**, 15,40 ; ce sont les chiffres les plus faibles de la série ; le mélange du sulfate d'ammoniaque et des superphosphates donne 15,8 de sucre p. 100 de jus ; la moyenne des racines obtenues avec les engrais phosphatés seuls est au contraire un peu plus élevée, sans qu'il y ait eu avantage cependant à doubler la dose des superphosphates.

Nous avons inscrit aux tableaux la quantité de sucre qui correspond à 1 degré de densité; les chiffres ont été calculés pour chaque cas particulier, ils sont intéressants à étudier; il en résulte manifestement que s'il peut être exact de calculer la quantité de sucre dans 100^{cc} de jus en doublant la densité quand il s'agit de betteraves pauvres ; si par exemple, l'expérience vérifie habituellement que des betteraves marquant au densimètre 5°,5 renferment 11 p. 100 de sucre pour 100^{cc} de jus, le coefficient 2 est manifestement trop faible pour les betteraves de bonne qualité cultivées à Wardrecques ; pour les Vilmorin comme pour les Dippe le coefficient moyen est 2,19 avec des écarts maximums de 2,15 à 2,23 pour les Vilmorin, et de 2,10 à 2,24 pour les Dippe; si pour ces betteraves de bonne qualité, on prenait le coefficient 2,2 on trouverait en général un chiffre exact.

En résumé la seule influence bien sensible que nous ayons constatée est celle qu'exercent les superphosphates : ils ont élevé le poids des récoltes; en effet si nous fondons en une seule moyenne les rendements obtenus pour les betteraves Dippe, nous trouverons des faits analogues à ceux que nous avons déjà constaté pour les Vilmorin :

	Kilos.
Moyenne de la pièce sans fumure complémentaire	45.300
Parcelle témoin sans fumure complémentaire	43.900
Sulfate d'ammoniaque	43.900
Sulfate d'ammoniaque et superphosphate	46.950
600 kilos superphosphate	46.800
1200 kilos superphosphate	47.800

Le chiffre le plus faible a été fourni par les parcelles qui n'ont pas reçu d'engrais phosphatés.

Nous avons voulu savoir si l'analyse du sol nous permettrait de

comprendre l'influence exercée par ces superphosphates; on a trouvé en analysant la terre de Wardrecques qu'un kilogramme renfermait 1gr,35 d'acide phosphorique total; si nous comparons ce chiffre à celui qui a été déterminé à Grignon, nous ne le trouvons pas très différent, puisqu'on a dosé sur le sol du champ d'expériences : 1gr,5 d'acide phosphorique par kilogramme. Or, à Grignon, les superphosphates sont sans effet sur la culture des betteraves. On voit que le dosage de l'acide phosphorique total ne donne sur l'action probable qu'exerceront les engrais phosphatés que des indications tout à fait insuffisantes; l'un de nous a proposé, il y a déjà plusieurs années, d'ajouter au dosage de l'acide phosphorique total, celui de l'acide phosphorique soluble dans l'acide acétique. On sait que ce liquide ne dissout que les phosphates de protoxyde qui ont également chance de se dissoudre dans l'eau chargée d'acide carbonique. On a déterminé la quantité d'acide phosphorique soluble dans l'acide acétique que renfermait la terre de Wardrecques : on a trouvé 0gr,2 par kilo; à Grignon on a trouvé 0gr,3. Les deux chiffres paraissent peu différents. Cependant si on multiplie par 3,850 qui représente en tonnes le poids de la terre d'un hectare jusqu'à une profondeur de 35 centimètres, on trouve pour la terre de Wardrecques 770 kilos d'acide phosphorique soluble dans l'acide acétique et pour celle de Grignon 1055.

Cette différence de 285 kilos peut-elle servir à expliquer le fait constaté : l'utilité des superphosphates à Wardrecques, leur peu d'action à Grignon? Pour s'en convaincre, il suffit de remarquer que la quantité d'acide phosphorique ajouté bien qu'efficace a été très faible; 600 kilos de superphosphate renferment 72 kilos d'acide phosphorique soluble et quand on a doublé la dose, qu'on l'a portée à 144, on n'a pas obtenu un effet meilleur; il faudrait donc en conclure que la terre de Wardrecques renferme une quantité d'acide phosphorique assimilable presque suffisante et que celle de Grignon en renferme plus qu'il n'est nécessaire.

Nous n'avons pas la prétention de tirer de ces observations des règles générales, nous voulons seulement insister sur les faits eux-mêmes qui se traduisent très simplement par les propositions suivantes :

1° Une terre renfermant à l'hectare 1055 kilos d'acide phosphorique soluble dans l'acide acétique ne bénéficie pas de l'emploi des superphosphates, pour la culture des betteraves;

2° Une terre renfermant à l'hectare 770 kilos d'acide phosphorique soluble dans l'acide acétique bénéficie de l'emploi des superphosphates pour la culture des betteraves, et une addition de 72 kilos paraît suffisante, car la récolte ne s'est pas accrue quand la proportion d'acide phosphorique ajoutée s'est élevée à 144 kilos.

III. — Résultats économiques de la culture des betteraves.

Le produit net d'une culture s'établit en faisant la différence entre la somme réalisée par la vente de la récolte et les dépenses générales et spéciales qui lui incombent.

Pour connaître les résultats financiers de la culture des betteraves de Wardrecques, il convient donc d'abord d'établir le produit brut, et d'en retrancher les dépenses. Ce produit brut résulte de la convention suivante : le fabricant de sucre acquéreur des betteraves les a prises à 35 francs la tonne pour celles qui marquaient 7° de densité, avec une augmentation ou une diminution de 1 franc par dixième de degré au-dessus ou au-dessous de 7°; tellement qu'une betterave marquant 7°, 5 vaudrait 40 francs la tonne et une autre à 6°,5 : 30 francs.

Avec la loi nouvelle ces prix élevés ne sont nullement exagérés; en effet, le fabricant a le plus grand intérêt à s'assurer des excédents qui lui permettent de vendre du sucre à près de 100 francs le quintal, en prélevant l'impôt à son profit; si, pour lui, la betterave de mauvaise qualité, qui ne lui permet pas de trouver la quantité de sucre imposé, est ruineuse, la betterave riche est au contraire une source de fortes recettes et il doit faire les plus grands sacrifices pour se la procurer.

Nous avons fondu en un seul chiffre moyen les récoltes obtenues à l'aide des betteraves qui ont reçu la même fumure et nous avons disposé en un seul tableau les résultats économiques des deux cultures.

TABLEAU III. — RÉSULTATS ÉCONOMIQUES DE LA CULTURE DES BETTERAVES A WARDRECQUES EN 1885.

Tous les chiffres sont rapportés à l'hectare.

NUMÉROS des parcelles.	FUMURES EMPLOYÉES	POIDS des betteraves.	DENSITÉ du jus.	PRIX des 1000 kil. de betteraves.	PRODUIT brut.	PRIX de la fumure complémentaire.	DÉPENSES totales.	PRODUIT net.	BÉNÉFICE ou perte dû à l'emploi des engrais complémentaires.
	Betteraves Vilmorin.								
19.23	600 kil. superphosphate..............	46.400	7.45	39.5	1832	60	872	960	+ 146
20 24	1200 kil. superphosphate............	45.900	7.62	41.0	1882	120	932	950	+ 136
21.25	600 kil. superphosphate; 200 kil. sulfate d'ammoniaque.................	44. 10	7·42	39.0	1720	124	936	784	— 30
22.26	200 kil. sulfate d'ammoniaque........	42.800	7.3[illegible]	38.0	1626	64	876	750	— 64
26 bis.	Rien.............................	41.700	7.4	39.0	1626	0	812	814	0
	Moyenne des 9 parcelles.........	44.464	7.4	39.0	1754	82	894	860	»
	Betteraves Dippe.								
27.31	600 kil. superphosphate..............	46.800	7.3	38	1778	60	811	907	+ 122
28.32	1200 kil. superphosphate............	47.800	7.3	38	1816	120	871	945	+ 160
29.33	600 kil. superphosphate; 200 kil. sulfate d'ammoniaque................	46.900	7.2	37	1735	124	875	860	+ 75
30.34	200 kil. sulfate d'ammoniaque........	43.900	7.0	35	1536	64	815	721	— 64
27 bis.	Rien.............................	43 900	7.0	35	1536	0	751	785	»
	Moyenne des 9 parcelles.........	46.100	7.18	37	1705	82	833	872	»

On voit que partout les produits bruts sont très élevés : jamais inférieurs à 1500 francs ils dépassent parfois 1800 francs; avant de tirer de ces chiffres aucune conséquence, il importe de savoir à quels prix ces produits bruts ont été obtenus.

Les dépenses sont de deux ordres : dépenses d'engrais et dépenses de main-d'œuvre, de loyer, d'impôt, etc. Nous les examinerons successivement.

Les dépenses de fumure comprennent la fumure générale qui était de 1700 kilos de tourteau et de 140 kilos de nitrate de soude; les tourteaux employés ont été comptés à 10 francs les 100 kilos; nous aurons donc de ce chef 170 francs, auquels il faut ajouter les 35 francs qui représentent la valeur du nitrate de soude, à 25 francs les 100 kilos; on voit que le prix total de la fumure générale est de 205 francs.

Le prix des fumures complémentaires est inscrit à chacune des parcelles; il reste en outre à établir le compte des dépenses autres que la fumure.

Les terres de la plaine de Wardrecques sont tout à fait de première qualité, elles sont louées habituellement de 200 à 220 francs l'hectare : nous avons pris le chiffre de 210 francs, l'impôt est de 15; nous avons donc pour le loyer et l'impôt 225 francs.

Les graines Vilmorin améliorées valent 3 fr. 50 le kilo, nous en avons employé, à l'hectare : 25 kilos, l'acquisition des graines nous a donc coûté 87 fr. 50; les frais de labours, de hersages et de semailles se sont élevés à 65 francs; les binages, la mise en place des betteraves à 95 francs; l'arrachage a coûté 84 francs ; le chargement, le transport et le déchargement à la gare nous a coûté 1 franc la tonne, ou environ 50 francs l'hectare; le compte des dépenses est donc établi comme suit pour un hectare :

Fumure générale	205 fr.
Graine pour semence (Vilmorin)	88 —
Loyer et impôt	225 —
Labours, hersages, semailles	65 —
Binages, mises en place	95 —
Arrachage	84 —
Chargement, transport	50 —
	812 fr.

Dans le cas des betteraves Dippe, la dépense est moindre, car les 25 kilos de graines employées n'ont coûté que 27 fr. 50; la dépense

totale pour les betteraves de cette variété est donc seulement de 751 fr. 50 par hectare.

Ces chiffres étant établis, nous avons ajouté les dépenses d'engrais complémentaire et pu établir la colonne des *dépenses totales;* en retranchant ces dépenses totales du produit brut, nous avons dans chaque cas le produit net.

Il est remarquable; et, bien que très élevé, au-dessous de sa valeur réelle; car nous avons porté aux dépenses l'ensemble de la fumure; tandis qu'en réalité la masse de tourteaux employée est loin d'être épuisée et exercera encore une influence sensible sur les récoltes suivantes.

Les chiffres que nous donnons ont été contrôlés avec soin, les poids des betteraves représentent les betteraves lavées et décolletées, marchandes en un mot.

Si nous comparons les chiffres trouvés pour le produit net des parcelles qui ont reçu les engrais complémentaires au produit de **26** *bis* ou de **27** *bis* qui n'ont reçu que la fumure générale, nous arrivons à un résultat tout à fait important; il est manifeste que pour les betteraves Vilmorin, il est avantageux d'employer une dose moyenne de superphosphates; une dose plus forte n'est pas nuisible, mais ne donne qu'un bénéfice un peu moindre; l'emploi d'un excès d'engrais azoté n'a pas été avantageux, le produit net de **21-25** et **22-26** est plus faible que celui de **19-23** et de **20-24.**

Il n'en est plus tout à fait ainsi pour les betteraves Dippe, c'est dans le cas où les superphosphates ont été donnés en grande quantité qu'ils ont produit le maximum d'effet; on a encore eu un léger bénéfice à employer le mélange de superphosphate et de sulfate d'ammoniaque, mais le sulfate d'ammoniaque seul ajouté à la fumure générale, a été nuisible.

Résumé de la culture des betteraves. — Peut-on tirer de ces essais quelques conclusions pratiques? C'est ce qui nous reste à discuter.

On voit tout d'abord que, grâce à la loi nouvelle qui conduit les fabricants de sucre à faire croître le prix d'achat des racines à mesure que leur richesse est plus grande, la culture de la betterave riche est devenue très lucrative; en moyenne nous avons tiré de nos betteraves Vilmorin 850 francs de produit net et 866 francs des Dippe, c'est-à-dire un prix très rémunérateur. On voit dans quelle erreur sont tombés ceux qui ont prétendu que dans nos

TABLEAU IV. — CULTURES DE L'AVOINE A WARDRECQUES EN 1885.

NUMÉROS des parcelles.	FUMURES EMPLOYÉES	POIDS du grain.	POIDS de la paille.	RÉCOLTE totale.	VALEUR du grain à 19 fr. le quintal.	VALEUR de la paille à 20 fr. la tonne.	VALEUR de la récolte.	DÉPENSE d'engrais.	DÉPENSES totales.	PRODUIT net.	BÉNÉFICE ou perte dû à l'emploi des engrais supplémentaires.
35	200 kil. sulfate d'ammoniaque...	4700	8100	14000	893	162	1055	64	508	547	+ 66
35 bis	Rien........................	4300	6900	12200	817	138	955	0	444	511	»
36	200 kil. sulfate d'ammoniaque et 200 kil. superphosphate.......	4600	7900	14100	874	158	1032	84	528	504	+ 23
37	200 kil. sulfate d'ammoniaque ; 200 kil. superphosphate ; 200 kil. chlorure de potassium........	4450	7900	13500	845	158	1003	130	574	429	— 53
38	200 k. sulfate d'ammoniaque....	4600	7600	13400	874	152	1026	64	508	518	+ 37
39	200 kil. sulfate d'ammoniaque ; 200 kil. superphosphate.......	4350	7700	13200	826	154	980	84	528	452	— 29
40	200 kil. sulfate d'ammoniaque ; 200 kil. superphosphate ; 200 kil. chlorure de potassium........	4200	7500	13200	798	150	948	130	574	374	— 107
40 bis	Rien........................	4000	6800	11800	760	136	896	0	444	452	»

paille; en revanche, le superphosphate n'a paru exercer qu'une influence médiocre, car les récoltes de **26** et de **29** ne diffèrent que très peu de celles de **25** et de **28** et leur sont légèrement inférieures.

L'expérience enseigne enfin que l'addition du chlorure de potassium est inutile, les récoltes de **27** et de **40** étant inférieures à celles de **26** et de **29**.

Si on cherche à préciser les résultats obtenus par l'emploi des fumures complémentaires, on trouve en définitive les résultats suivants :

Fumures complémentaires.	Poids de la récolte totale.	Poids de la paille.	Poids du grain.	Volume du grain à 51 kil. l'hectolitre.
		Kilos.	Q. M.	Hectol.
Sans fumure............	12.000	68.50	41.5	81.25
Sulfate d'ammoniaque...	13.700	78.50	46.5	91.2
Sulf. d'amm. et superph.	13.700	78.00	44.75	87.75
Sulf. d'amm., superph., chl. de potassium.....	13.400	77.00	43.25	84.8

De la comparaison des nombres précédents, il découle évidemment que sur la terre fertile de Wardrecques, l'addition de fumures complémentaires pour la culture de l'avoine a légèrement augmenté la récolte du grain et influé d'une façon plus sensible sur la récolte de la paille; le sulfate d'ammoniaque employé seul s'est montré plus efficace que lorsqu'on l'a mélangé à l'acide phosphorique, enfin l'addition du chlorure de potassium aux engrais précédents n'a exercé aucune action favorable sur la récolte.

Il est bien curieux de constater que les superphosphates qui ont augmenté sensiblement la récolte des betteraves n'ont au contraire influé que très peu sur l'avoine; nous aurons occasion de revenir sur ce sujet quand nous en examinerons les résultats obtenus sur la culture du blé.

La seconde partie du tableau IV indique les résultats économiques de la culture de l'avoine, nous avons compté le grain à 19 francs le quintal et la paille à 20 francs la tonne; ces deux prix nous ont permis de calculer la valeur de la récolte qui varie de 896 francs chiffre minimum trouvé pour la parcelle **40** *bis* à 1055 trouvé pour la parcelle **25**.

Des sommes calculées pour ce produit brut, il convient de retrancher les frais de culture calculées comme suit :

Graine pour semence 2h,8 à 14 fr.	39 fr.
Loyer et impôts	183 —
Labourage et main-d'œuvre	129 —
Battage	93 —
	444 fr.

Le loyer de la terre qui a porté l'avoine est plus bas que celui de la pièce sur laquelle étaient les betteraves, il est seulement de 167 francs au lieu de 210 francs; ce chiffre singulier est dû à ce que les locations dans l'Artois ne sont pas faites à l'hectare mais à la *mesure* qui n'est pas une fraction simple de l'hectare.

Si à cette dépense de 444 francs on ajoute le prix des fumures complémentaires, on aura la somme des dépenses qui figurent au tableau; on voit que nous n'ajoutons aucun chiffre pour le résidu de la fumure de 1883 donnée aux betteraves et qui ensuite a servi au blé en 1884; il est probable que cette fumure n'était pas épuisée complètement et que l'avoine en a profité dans une certaine mesure, mais dans l'impossibilité de connaître le chiffre en argent que représente cette fraction de la fumure prise par l'avoine, nous ne la faisons pas entrer dans le compte des dépenses totales.

Le produit net tiré des diverses parcelles est résumé dans les lignes suivantes :

Sans fumure complémentaire	481	(moyenne).
Sulfate d'ammoniaque	532	—
Sulf. d'amm. et superph. de chaux	478	—
Sulf. d'amm., superph. et chl. de potassium	401	—

Il en résulte manifestement que les engrais employés ont été ou onéreux ou inutiles; en effet l'engrais complet : azote, acide phosphorique et potasse, ne laisse qu'un produit net de 401 francs, il y a donc par comparaison avec la parcelle sans engrais une perte de 80 francs. Quand on a employé le sulfate d'ammoniaque et le superphosphate, on a une perte insignifiante, par rapport à la parcelle sans fumure complémentaire; quant au sulfate d'ammoniaque employé seul, il donne un surcroît de 51 francs, trop faible pour qu'on puisse en tirer la conclusion qu'il serait utile de fumer l'avoine venant après le blé sans engrais; il semble, au contraire, que l'habitude établie en Artois, de prendre une avoine après un blé qui succède lui-même à la betterave fumée, sans faire aucune dépense supplémentaire d'engrais, est absolument justifiée.

V. — Culture du blé dans la plaine de Wardrecques.

La culture du blé dans la plaine de Wardrecques a été établie à l'automne de 1884 sur une pièce, qui, en 1882, avait reçu une fumure de 42200 kilos de fumier pour betteraves. En 1883, la pièce avait porté un blé sans fumure; on avait planté en 1884, des pommes de terre qui avaient reçu seulement 169 hectolitres de chaux à l'automne, et 11000 kilos de fumier au printemps; après cette récolte sarclée, la terre était dans un excellent état de propreté, on y sema du blé à *épi carré*, auquel on distribua une fumure générale de 846 kilos de tourteaux.

Cette fumure est-elle suffisante? Peut-il y avoir avantage à la compléter par des sels ammoniacaux, du nitrate de soude, ou des phosphates ou des sels de potasse, telle est la question que nous avons voulu élucider par la série d'expériences suivantes :

Les parcelles 1 et 5 reçurent un mélange de 200 kilos de sulfate d'ammoniaque, et de 200 kilos de superphosphate de chaux; sur les parcelles 2 et 6, on employa encore ce même phosphate, mais on remplaça le sulfate d'ammoniaque par de l'azotate de soude; sur les parcelles 3 et 7, on ajouta à la dose précédente de sulfate et de superphosphate, 200 kilos de chlorure de potassium, enfin on donna aux parcelles 4 et 8 un mélange de 200 kilos de sulfate d'ammoniaque, et de 200 kilos de chlorure de potassium; la parcelle 8 *bis*, est restée sans engrais complémentaire.

Cette parcelle a fourni la magnifique récolte de 40^{qm},7 de grain et de 70 quintaux de paille; il est clair que la fumure générale était excellente, et que de plus cette saison chaude et sèche convenait particulièrement à la terre forte de Wardrecques qui sait se défendre contre la sécheresse; il est manifeste en outre, que le blé à épi carré, déjà employé depuis plusieurs années, est une race prolifique qui atteint les plus hauts rendements qui aient jamais été signalés.

L'ensemble de la pièce avait une étendue de 4^{h},9^{a} : elle a fourni 3700 kilos de grain à l'hectare, c'est-à-dire 45 hectolitres; ce chiffre est inférieur à celui de la parcelle d'essai sans fumure complémentaire, mais il est encore assez élevé pour assurer une large rémunération.

Sous l'influence de la fumure complémentaire, les deux par-

TABLEAU V. — CULTURES DU BLÉ DANS LA PLAINE DE WARDRECQUES EN 1885.

NUMÉROS des parcelles.	FUMURES EMPLOYÉES	POIDS du grain.	POIDS de la paille.	POIDS de la récolte totale.	VALEUR du grain à 20 fr. le quintal.	VALEUR de la paille à 40 fr. la tonne.	VALEUR de la récolte totale.	DÉPENSES d'engrais complément.	DÉPENSES totales.	PRODUIT net.	BÉNÉFICE ou perte dû aux engrais supplémentaires.
1	200 kil. sulfate d'ammoniaque; 200 kil. superphosphate......	4250	8500	13600	850	340	1190	84	672	518	+ 12
2	200 kil. nitrate de soude; 200 kil. superphosphate de chaux.....	4250	8400	14000	850	336	1186	70	658	528	+ 22
3	200 kil. sulfate d'ammoniaque; 200 kil. superphosphate; 200 kil. chlorure de potassium........	4150	8800	14500	830	352	1182	134	722	460	— 46
4	200 kil. sulfate d'ammoniaque; 200 kil. chlorure de potassium.	4350	8700	14000	870	348	1218	114	702	516	+ 10
5	200 kil. sulfate d'ammoniaque; 200 kil. superphosphate.......	4250	8700	14400	850	348	1198	84	672	526	+ 20
6	200 kil. nitrate de soude; 200 kil. superphosphate..............	4200	8800	13900	840	352	1192	70	658	534	+ 28
7	200 kil. sulfate d'ammoniaque; 200 kil. superphosphate; 200 kil. chlorure de potassium........	4180	8400	13100	830	336	1172	134	722	450	— 56
8	200 kil. sulfate d'ammoniaque; 200 kil. chlorure de potassium.	4050	8300	13200	810	332	1142	114	702	4	— 66
8 bis.	Sans engrais..................	4070	7000	11900	814	280	1094	0	588	506	

celles 1 et 5 ont donné 42^{qm},5 de grain ; l'une 8500 kilos, l'autre 8700 kilos de paille, les deux chiffres sont concordants et démontrent que la fumure a présenté une certaine efficacité.

Le nitrate de soude substitué au sulfate d'ammoniaque sur 2 et 6 n'a pas donné plus de grain, les rendements sont de 42^{qm},5 et de 42 quintaux, mais 6 a fourni 8^{t},8 de paille, et 2 8^{t},4 ; en moyenne 8^{t},6, c'est-à-dire exactement le même chiffre que les deux parcelles précédentes ; l'addition du chlorure de potassium sur 3 et 7 aux sels ammoniacaux et aux phosphates n'a pas élevé la récolte, elle reste à 41^{qm},5 et 41^{qm},8, à 8^{t},8 et 8^{t},4 ; enfin la fumure sans superphosphates a donné 43^{qm},5, et 8^{t},7 dans un cas, 40^{qm},5, et 8^{t},3 dans un autre, c'est-à-dire encore des chiffres très voisins des précédents.

Quand les engrais n'augmentent pas sensiblement les récoltes, leur emploi devient peu avantageux ou même onéreux, c'est ce qui va résulter des chiffres suivants.

VI. — Résultats économiques de la culture du blé dans la plaine de Wardrecques.

Les dépenses qu'ont occasionné les cultures du blé peuvent être établies comme suit :

Loyer et impôt	216 fr.
Fumure générale	101 —
Graine pour semence	39 —
Labourage, main-d'œuvre, moisson	122 —
Battage	110 —
	588 fr.

auxquelles il faudra ajouter les dépenses de la fumure complémentaire ; les résultats de ces calculs sont inscrits au tableau V.

Pour établir le produit net, nous devons soustraire du produit brut, les dépenses. Nous avons admis pour calculer la valeur de la récolte, que le grain valait 20 francs le quintal et la paille 40 francs les 1000 kilos.

On a prétendu que le blé à épi carré était peu recherché par la meunerie ; nous n'avons rien qui nous autorise à accepter cette opinion ; le blé récolté a été vendu à la meunerie en deux fois, les 15 août et 5 septembre, à 16 fr. 50 et 16 fr. 25 l'hectolitre de 80 kilos, c'est donc 20 fr. 45 les 100 kilos ; nous avons compté dans

nos calculs le blé à 20 francs le quintal, nous sommes donc restés légèrement au-dessous de la vérité.

En portant au compte du blé la valeur entière de la fumure, on grève cette culture d'une dépense exagérée, car les effets de l'engrais se feront encore sentir sur les récoltes suivantes; mais si on veut répartir cette fumure entre les diverses récoltes, on ne peut le faire que tout à fait arbitrairement; nous avons donc porté au blé toute la dépense, et cependant le produit net reste très considérable, puisqu'il est compris entre 440 et 528 francs; en réalité, il est même supérieur à ce dernier chiffre, car, si au lieu de porter l'ensemble de la fumure au compte du blé, on tenait compte du résidu qui persiste dans le sol, on trouverait certainement que le produit net surpasse 600 francs par hectare.

La dernière colonne du tableau fait voir que l'emploi des engrais complémentaires a été peu avantageux.

Les superphosphates qui sur cette même terre de Wardrecques augmentaient le produit net dans la culture des betteraves, sont ici inutiles; en effet **4** n'a pas reçu de superphosphate, son produit net est sensiblement le même que celui de **1**, et, si **5** donne un produit net un peu plus élevé que **8**, les différences paraissent être de l'ordre des irrégularités qui se produisent toujours dans ces sortes d'expériences, le bénéfice dû aux engrais supplémentaires est de 12 et 20 francs pour **1** et **5**, il est remplacé par une perte moyenne de 28 francs pour **4** et **8**, de telle sorte qu'il ne paraît pas y avoir avantage à employer le sulfate d'ammoniaque mélangé au superphosphate ni au chlorure; l'addition de l'engrais renfermant azote, acide phosphorique et potasse, est décidément onéreuse, elle se traduit par une perte de 46 et de 56 francs par rapport à la parcelle sans engrais complémentaire.

Enfin la substitution de l'azotate de soude au sulfate d'ammoniaque donne un faible bénéfice de 22 francs dans un cas, de 28 francs dans l'autre, qui montre une fois de plus que la fumure des tourteaux suffit parfaitement pour obtenir un produit net maximum.

On se rappelle que nous avons reconnu dans le paragraphe où nous avons rapporté les résultats obtenus de la culture des betteraves, que la terre de Wardrecques renfermait presque la quantité d'acide phosphorique assimilable qui rend inutile l'emploi des engrais phosphatés, mais que cependant ces engrais avaient montré

quelque efficacité. Il n'en a plus été ainsi pour celle du blé, non plus que pour celle de l'avoine; on n'a trouvé aucun bénéfice à les employer, ils n'ont pas augmenté la récolte.

Ainsi, tandis que 770 kilos à l'hectare d'acide phosphorique soluble dans l'acide acétique sont suffisants pour assurer la récolte du blé, ils sont au contraire un peu au-dessous de ce qui est nécessaire pour pousser jusqu'au maximum la récolte des betteraves; ces quantités sont cependant bien supérieures à celles qui sont assimilées par les betteraves. Pourquoi donc se montrent-elles plus exigeantes que le blé?

Il est assez difficile d'en établir nettement la raison; cependant, il est à remarquer que le blé reste sur le sol pendant dix mois, que si durant l'hiver sa tige n'acquiert pas de grandes dimensions, la racine s'étend dans le sol et finit par envoyer ses ramifications dans un cube de terre assez étendu pour y glaner les aliments qui lui sont nécessaires.

La betterave est au contraire d'un développement beaucoup plus rapide; semée à la fin d'avril quelquefois seulement en mai, elle est arrachée dans le courant d'octobre, sa végétation ne dure que sept mois; en outre la betterave n'étend pas aussi loin que le blé ses organes d'assimilation, il semble qu'elle ne soit pas capable de trouver aussi facilement les aliments qui lui sont nécessaires et qu'il faille les lui donner avec plus d'abondance.

Ce besoin de superphosphates que nous avons reconnu dans la betterave paraît se présenter au moins à un degré égal pour les turneps des cultivateurs anglais, et on sait que dans la Grande-Bretagne, on considère comme une règle presque absolue de distribuer une forte fumure de superphosphates à la culture des navets qui ouvre la rotation.

VII. — Culture du blé sur la côte de Blaringhem.

Ce domaine se trouve à l'est du canal de Neuffossé, il est formé d'une terre très forte à sous-sol compact et caillouteux, d'une culture très difficile; les terres de cette partie du département du Nord sont peu estimées, leur prix de location est loin d'atteindre celui de la plaine; la côte qui descend vers le canal a été acquise depuis peu d'années, le sol est déjà ameubli à la surface, mais on

tité surpasse encore de beaucoup celle qui est nécessaire à une récolte de froment même très abondante, l'emploi de la faible dose de 36 kilos d'acide phosphorique assimilable a été efficace. On peut être étonné qu'un si faible apport d'acide phosphorique ait exercé une action sensible, mais il faut se rappeler que l'ensemble de la récolte obtenu sur un hectare ne renferme guère au delà de 70 à 80 kilos d'acide phosphorique, que par conséquent l'engrais ajouté a apporté plus du tiers de l'acide phosphorique utilisé et que, par suite, des pieds de blé qui en ont été privés sur les parcelles qui n'ont pas reçu d'engrais complémentaires, ont pu au contraire utiliser celui qui a été donné comme engrais et régulièrement réparti dans la couche arable.

En résumé nous voyons que lorsque la terre a renfermé $0^{gr},2$ d'acide phosphorique soluble dans l'acide acétique, comme celle de la plaine de Wardrecques, l'apport des superphosphates a été inutile au blé, mais qu'au contraire ces engrais ont été efficaces quand le sol n'a plus renfermé qu'une proportion moitié moindre d'acide soluble dans l'acide acétique.

Avec cette dernière proportion, l'apport de 36 kilos d'acide phosphorique assimilable a-t-il été suffisant? n'aurait-on pas obtenu encore un résultat plus avantageux en portant la dose à 400 ou 500 kilos de superphosphates par hectare? c'est ce que nous apprendront les récoltes de l'an prochain.

Résultats économiques de la culture du blé à Blaringhem. — Pour les établir nous avons conservé les prix de 20 francs le quintal de grain et de 40 francs les 1000 kilos de paille, adoptés dans le calcul des résultats fournis par la culture de la plaine de Wardrecques.

Quant aux dépenses, elles comportent ainsi qu'il a été dit les dépenses d'engrais et les dépenses générales.

Comme on a employé le fumier de ferme, on rencontre cette difficulté inextricable du prix auquel il faut le compter. Ce fumier de Wardrecques est formé surtout des litières des chevaux de l'usine; en réalité la nourriture de ces chevaux est payée par le travail qu'ils exécutent et le fumier est obtenu en surcroît; il n'occasionne d'autres dépenses que la paille des litières et les manipulations qu'il exige; il est enrichi de temps à autre par des résidus de fabrication, mais cependant il ne présente pas la valeur du fumier formé par les déjections des animaux d'une vacherie et d'une bergerie;

TABLEAU VI. — CULTURE DU BLÉ SUR LA COTE DE BLARINGHEM EN 1885.

NUMÉROS des parcelles.	FUMURES COMPLÉMENTAIRES	POIDS du grain.	POIDS de la paille.	POIDS de la récolte totale.	VALEUR du grain à 20 fr. le quintal.	VALEUR de la paille à 40 fr. la tonne.	VALEUR de la récolte totale.	DÉPENSES des engrais complémentaires.	DÉPENSES totales.	PRODUIT net.	GAIN comparé aux parcelles sans engrais.
51	300 kil. sulfate d'ammoniaque ; 300 kil. superphosphate......	4900	8800	15000	980	352	1332	126	757	575	»
51 bis.	Rien.........................	3640	5000	10140	728	236	964	0	631	333	+ 229
52	300 kil. azotate de soude ; 300 kil. superphosphate de chaux......	4750	10100	15450	950	404	1354	105	736	618	+ 272
53	300 kil. sulfate d'ammoniaque ; 300 kil. superphosphate de chaux ; 200 kil. chlorure de potassium.....................	4850	9500	14750	970	380	1350	166	797	553	+ 207
54	300 kil. sulfate d'ammoniaque ; 200 kil. chlorure de potassium.	4650	8600	13850	930	344	1274	136	767	507	+ 161
55	300 kil. sulfate d'ammoniaque ; 300 kil. superphosphate.......	4800	8800	14000	960	344	1304	126	757	547	+ 201
56	300 kil. azote de soude ; 300 kil. superphosphate..............	4750	8400	14050	950	336	1286	105	736	550	+ 204
57	300 kil. sulfate d'ammoniaque ; 300 kil. superphosphate ; 200 kil. chlorure de potassium........	4650	8400	13650	930	336	1266	166	797	469	+ 123
58	300 kil. sulfate d'ammoniaque ; 300 kil. chlorure de potassium.	4250	7800	12050	850	312	1162	136	767	395	+ 40
58 bis.	Rien.........................	3750	6000	10350	750	240	990	0	631	356	

nous lui avons attribué arbitrairement le prix de 5 francs les 1000 kilos; ce prix est élevé, dans le pays on ne le compterait guère qu'à 2 fr. 50.

Les dépenses générales sont alors établies comme suit :

Fumure générale 53.000 kilos fumier à 5 fr.	265 fr.
Graine pour semence	39 —
Loyer et impôt	83 —
Labourage et main-d'œuvre	122 —
Battage	122 —
	631 fr.

Malgré ces dépenses formidables et en portant au compte du blé le prix de la fumure entière, on arrive encore à obtenir un produit net élevé.

On voit en effet par le tableau numéro VI que les parcelles ayant reçu les mêmes fumures fondues ensemble donnent les produits nets suivants.

51 *bis*-58 *bis*. Sans fumures complémentaires	345 fr.
51-55. Sulf. d'amm., superphosphate	561 —
52-56. Azotate de soude; superphosphate	584 —
53-57. Sulf. d'amm., superph., chl. de potassium	511 —
54-58. Sulf. d'amm., chlorure de potassium	451 —

Il en résulte manifestement que l'emploi des engrais complémentaires à été avantageux; que le mélange d'azotate de soude et de superphosphate laisse le produit net le plus élevé, mais qu'il n'excède que médiocrement le mélange de sulfate d'ammoniaque et de superphosphate; l'addition du chlorure de potassium au mélange précédent a diminué le produit net; enfin quand on n'a pas ajouté de superphosphate, le produit net est resté à 451 francs, de 106 francs supérieur à celui qu'on a obtenu des parcelles sans fumure complémentaire.

Les résultats précédents sont très encourageants, et pour la campagne 1886, nous augmenterons les doses d'engrais chimiques pour reconnaître si on peut encore pousser plus loin les récoltes de blé sur la terre de Blaringhem.

Comparaison entre les récoltes de blé de Wardrecques et de Blaringhem. — Ainsi qu'il a été dit plus haut, la terre de Blaringhem est considérée dans le pays comme bien inférieure à celle de Wardrecques, ameublie à la surface depuis quelques années par des travaux soignés, la terre de Blaringhem repose sur un

sous-sol argileux et caillouteux non encore entamé; *a priori* on aurait pu croire que la récolte eût été meilleure sur la plaine de Wardrecques que sur la terre de Blaringhem; il n'en est rien, il suffit de parcourir les deux tableaux V et VI pour voir que c'est la terre qui se loue le moins cher et qui est réputée la moins bonne qui a cependant donné la meilleure récolte.

On ne peut pas supposer que le fumier de ferme a été préférable comme fumure générale aux tourteaux; en effet, sans engrais complémentaires, les tourteaux ont donné à Wardrecques 40 quintaux métriques de grain, tandis que le fumier en a fourni seulement 37,5 et 36,4 à Blaringhem, sur les parcelles d'essai et 39 sur l'ensemble de la pièce.

S'il avait manqué à la terre de Wardrecques quelques-uns des aliments nécessaires au blé, les engrais chimiques des engrais complémentaires auraient exercé une action quelconque; ils n'ont au contraire rien produit; ces aliments et particulièrement l'azote et l'acide phosphorique manquent à Blaringhem, aussi les engrais chimiques ont-ils poussé la récolte très loin et l'ont fait passer pardessus celle de Wardrecques.

Nous ne pouvons donc pas trouver dans la comparaison des aliments à fournir à ces récoltes l'explication des différences constatées; cette supériorité de Blaringhem se montrera-t-elle encore une autre année? cette exposition à l'ouest est-elle plus favorable que la station horizontale de la plaine de Wardrecques? le sous-sol intact de Blaringhem conserve-t-il des réserves d'humidité précieuses pendant les étés chauds comme celui de 1885?

Nous ne pouvons rien dire de précis sur ce point, car l'action qu'exercent les propriétés physiques d'un sol sur sa fertilité est encore trop mal définie pour qu'on puisse la formuler clairement.

VIII. — Discussion des résultats obtenus dans les cultures expérimentales de Wardrecques et de Blaringhem.

Avant de tirer des expériences de 1885 les conclusions qui nous paraissent en découler, il convient de discuter la valeur des résultats que nous venons de présenter.

Nous pouvons affirmer que les parcelles ont été mesurées avec grand soin, que les pesées ont été également faites correctement;

quant aux analyses de betteraves, elles ont été exécutées par M. Woussen, chimiste de l'usine de Wardrecques, dont la réputation d'habileté et d'exactitude est trop bien établie pour qu'il soit nécessaire d'insister sur la confiance que méritent les chiffres qu'il a donnés.

Il est à remarquer en outre, ainsi que nous l'avons dit en commençant, que les parcelles d'expériences ont été tracées dans des champs déjà ensemencés, et que par suite, elles n'ont reçu aucun travail extraordinaire ; les façons y ont été données comme sur le reste des pièces, on peut donc considérer les rendements et les produits nets qu'ils fournissent comme exacts.

A l'aide des résultats précédents, il nous est permis de répondre sans hésiter aux questions posées au commencement de ce mémoire : Oui, avec les prix actuels, dans les conditions où nous sommes placés, il est encore possible de cultiver avantageusement, avec profit, nos terres fertiles du Nord et du Pas-de-Calais ; les produits nets des trois cultures étudiées, betteraves de blé, avoine, sont considérables.

Comment avons-nous réussi ?

La question présente un vif intérêt ; en effet, des cultures expérimentales n'ont d'utilité qu'autant qu'elles servent d'exemple et qu'elles permettent aux cultivateurs de profiter des résultats avantageux et d'éviter les causes de perte.

Il est clair que la réussite est due à deux séries d'opérations, les unes très faciles à imiter, les autres, au contraire, qui sont spéciales aux domaines cultivés.

Nous avons d'abord choisi avec le plus grand soin nos semences ; il est évident que les graines des betteraves Vilmorin ou des betteraves Dippe sont dans le commerce, et qu'il serait profondément regrettable que les cultivateurs du Nord fussent dans un tel état de détresse que leur acquisition leur devînt impossible. Il est probable que les fabricants de sucre n'hésiteraient pas à les leur fournir, car ils sont aussi intéressés que les cultivateurs à traiter des betteraves d'une grande richesse.

Le blé à épi carré commence à se répandre, et l'on connaît aujourd'hui sa résistance à la verse et ses vertus prolifiques ; cette variété est une admirable acquisition dont il ne faut pas diminuer l'importance en prétendant que le grain en est d'un placement difficile et que les meuniers refusent de l'acquérir ; ainsi qu'il a été

dit plus haut, nous l'avons vendu un peu plus de 20 francs les 100 kilos, et si sa pureté eut été complète, nous aurions pu le vendre comme blé de semence beaucoup plus cher. Le prix de ce blé n'est pas tellement élevé que les cultivateurs ne puissent en acquérir; ceux qui le cultiveront les premiers trouveront certainement un ample dédommagement de l'argent déboursé dans l'achat des semences, par le prix élevé auquel ils pourront le vendre à l'époque des semailles.

Les engrais que nous avons employés sont à la portée de tous ceux qui ont encore actuellement quelques fonds disponibles : fumier, tourteaux, sulfate d'ammoniaque, azotate de soude, superphosphates, sont très répandus et leur emploi est bien connu.

Pour que les semences donnent sous l'influence des engrais les magnifiques récoltes que nous avons obtenues, il y a encore d'autres conditions qui, malheureusement, ne sont pas remplies partout.

Les terres que nous cultivons sont d'excellente qualité, et de plus elles ont coûté déjà de longues années de travail et d'amélioration; elles sont drainées; pour les amener à l'état où elles se trouvent aujourd'hui, il a fallu faire des dépenses, qu'un propriétaire qui fait valoir n'hésite pas à entreprendre, mais qui souvent sont impossibles à un fermier quand il n'est pas soutenu par son propriétaire, ce qui malheureusement est assez fréquent.

En outre, le climat du Pas-de-Calais et du Nord est favorable aux cultures que nous y avons entreprises, et les chaleurs de 1885, avantageuses pour la culture du blé, n'ont pas exercé sur nos betteraves l'influence fâcheuse qu'elles ont eu dans d'autres parties de la France.

Il faut donc faire aux conditions particulières de saison, de qualité et de préparation du sol, une large part dans les résultats obtenus, mais il convient d'en faire une également à l'emploi des bonnes semences et des engrais ; c'est à ce titre que ces expériences peuvent être utiles et nous croyons fermement qu'avec des engrais à meilleur marché, que procurent actuellement les syndicats établis dans nombre de départements, et l'achat de semences de choix, on obtiendra aisément des récoltes moyennes, suffisantes pour atténuer les effets de la crise désastreuse que nous subissons.

Il est un point sur lequel il convient en finissant d'appeler particulièrement l'attention : depuis une trentaine d'années, les efforts

des agronomes se sont portés vers l'emploi des engrais, et de remarquables progrès ont été accomplis dans ce sens; il nous paraît cependant que, aujourd'hui, les études doivent être dirigées surtout vers le choix des semences. Les résultats déjà obtenus par les cultivateurs auxquels on doit les blés à épi carré montrent qu'à l'aide d'une sélection persévérante, il est possible de doter la culture de variétés infiniment supérieures à celles qu'on sème habituellement.

SUR LA RÉDUCTION DU SULFATE DE CHAUX

PAR CERTAINS FERMENTS ANAÉROBIES

PAR

M. QUANTIN

Répétiteur de chimie à l'École de Grignon.

Depuis les expériences de MM. Schlœsing et Müntz sur la nitrification dans les terres arables, l'attention des observateurs s'est portée sur les organismes microscopiques qui vivent dans le sol ou s'y rencontre à l'état de spores. Depuis MM. Dehérain et Maquenne ont rencontré dans la terre un ferment qui joue un rôle inverse de celui du ferment nitrique, et, placé dans certaines conditions, détruit les nitrates en produisant de l'azote ou du protoxyde d'azote. Enfin, en 1884, M. Dehérain et M. Gayon, chacun de leur côté, étudiant une ancienne expérience de M. Raiset, ont trouvé dans le fumier de ferme un ferment vivant au dépens de la cellulose et produisant du formène.

Nous avons pensé que ce carbure depuis si longtemps observé dans les gaz extrait des marais avait une origine analogue; pour reconnaître si cette opinion déjà émise au reste par MM. Bœhm et Popoff[1] était fondée, nous avons soumis de la paille hachée à l'action des ferments que renferme la vase noire d'étang; dans une étuve maintenue à 38-40° un dégagement régulier de formène fut le résultat de cet essai, mais le gaz était fortement souillé d'hydrogène sulfuré; la vase employée renfermait du sulfate de chaux. Les actions réductrices signalées par les savants du Muséum ne sont pas limitées

1. *Ann. agronom.*, t. II, p. 156.

aux nitrates; tout récemment M. Müntz a reconnu qu'elles s'étendaient aux iodates, bromates et chlorates.

A côté des recherches dont nous venons de parler, il convient de citer celles de MM. Ollivier et Etard. Ces savants ont étudié la décomposition des sulfates par certaines algues, telles que les Beggiatoa Oseillaria Ulothrix réunies sous l'épithète de sulfuraires, et reconnu qu'elles enlevaient du soufre aux sulfates.

La faculté que possèdent certains organismes microscopiques d'enlever aux sels quelques-uns de leurs éléments nous a conduit à attribuer à une cause analogue la production dans nos expériences de l'hydrogène sulfuré; nous avons spécialement étudié l'action sur le sulfate de chaux des ferments anaérobies qui vivent aux dépens de la paille ou dans une solution sucrée, et sont susceptibles de se rencontrer dans le sol.

Parmi les gaz qui se dégagent spontanément des marécages, on trouve fréquemment, et en particulier dans les terrains séléniteux, de l'hydrogène sulfuré. Le dégagement de ces gaz se trouve singulièrement activé quand on enferme la vase qui les engendre dans un flacon maintenu entre 38° et 40°; dans ces conditions on reconnaît aisément que le chloroforme arrête non seulement la production du formène, mais aussi celle de l'hydrogène sulfuré. Il est donc naturel de supposer que l'acide sulfhydrique est, comme le formène lui-même, produit par un ferment figuré, et qu'il résulte de la réduction du sulfate de chaux par un être anaérobie.

Pour vérifier cette hypothèse nous avons disposé l'expérience suivante :

On introduit dans un flacon d'un litre : 25 grammes de paille hachée, 2 grammes de sulfate de chaux pur et quelques centigrammes de phosphate d'ammoniaque; un second flacon reçoit les mêmes matières en mêmes proportions, sauf le sulfate de chaux, tous deux sont ensemencés avec 10 centimètres cubes de liquide clair provenant de la fermentation anaérobie de la paille, sous l'influence des ferments renfermés dans de la vase noire d'étang.

Chaque flacon est mis en communication avec un vase renfermant de l'acétate de plomb en solution acétique. Au bout de quelques jours la fermentation s'établit dans les flacons et l'on ne tarde pas à voir se produire sur le trajet des gaz un dépôt de sulfure de plomb. Mais, tandis que le tube abducteur du flacon qui n'a pas reçu de sulfate de chaux présente simplement un anneau noirâtre, le

vase correspondant au flacon additionné de plâtre contient un dépôt notable de sulfure de plomb.

On avait préalablement déterminé la teneur en soufre de 25 grammes de la paille employée (cette paille renfermait 0gr,013 de soufre par 25 grammes); on vit ainsi que la quantité de sulfure de plomb recueillie correspondait à un poids de soufre toujours supérieur à celui que renfermait la paille ; le rapport du poids du soufre dégagé à l'état d'acide sulfhydrique au poids total qu'en renferme la paille est assez variable, nous l'avons trouvé égal aux nombres suivants : 2,2; 4,5; 3,3; 9,1 ; 7.

Ces variations sont dues sans aucun doute à l'activité inégale des fermentations, mais ne change rien aux conclusions à tirer de ces expériences.

Parmi les ferments anaérobies, l'un des plus intéressants est sans contredit le ferment butyrique trouvé dans le sol par MM. Dehérain et Maquenne; l'action qu'il exerce sur les nitrates nous a conduit à rechercher si son pouvoir réducteur s'étendrait au sulfate de chaux, et nous résumons ici la série d'expériences que nous avons entreprises depuis deux ans sur ce sujet.

Dès les premiers essais, nous reconnûmes que les gaz provenant de la fermentation butyrique du sucre, sous l'influence de la terre arable, renfermaient fréquemment de l'hydrogène sulfuré ; les expériences dont nous allons parler ont eu pour but de rechercher si la production d'hydrogène sulfuré était due au ferment lui-même ou à une réduction purement chimique effectuée par le sucre ou par les produits de sa fermentation.

A cet effet, pour éliminer autant que possible les causes d'erreur, et pour déterminer la part qui revenait à chacune des différentes substances mises en présence dans la réduction du sulfate de chaux, chaque flacon ensemencé fût contrôlé par l'adjonction d'un second récipient, renfermant le même poids de substances identiques, mais qui ne fut pas soumis à l'ensemencement.

Pour la commodité du langage, nous appellerons flacons *bis* les flacons stériles, et nous donnerons à tous indistinctement un numéro indiquant en même temps combien le liquide qu'il renferme contient de sucre pour 100.

Plusieurs séries d'expériences ont été faites sur des solutions sucrées renfermant 5, 10, 15, 20 et 25 p. 100 de sucre; on ajoutait au sucre du carbonate de chaux destiné à saturer l'acide butyrique

au fur et à mesure de sa production; chaque flacon recevait en outre 2 grammes de sulfate de chaux. L'ensemencement se faisait avec un centimètre cube d'une solution sucrée abandonnée dans une étuve chauffée à 38° avec de la terre arable, et subissant par conséquent la fermentation butyrique. Bien qu'une seule culture ne fournisse pas le ferment à un haut degré de pureté, nous avons dû nous en tenir là à cause de l'atténuation qu'il nous a paru subir sous l'influence de cultures répétées; d'ailleurs, nous cherchons moins à établir une propriété particulière de ce ferment butyrique qu'à montrer que la fonction réductrice que nous étudions appartient d'une façon générale aux anaérobies.

Les flacons 5 et 10 ont toujours donné un dégagement très net d'hydrogène sulfuré, la production de ce gaz, beaucoup moindre avec le flacon 15, a été souvent nulle avec les flacons 20 et 25 dans lesquels d'ailleurs la fermentation s'effectuait assez mal.

Ces expériences, renouvelées à maintes reprises, ont toujours conduit à des résultats analogues, à cela près que la quantité de sulfure de plomb produite est variable avec l'intensité de la fermentation, mais elle est toujours *très faible*.

Dans la fermentation butyrique, comme dans celle qui fournit le formène, l'addition du chloroforme arrête à la fois la formation de l'acide butyrique et celle de l'hydrogène sulfuré; l'addition des nitrates empêche ce dernier gaz de se produire, mais non la fermentation elle-même.

L'hydrogène sulfuré produit est, nous le répétons, en quantité minime; le poids de sulfure de plomb recueilli n'a jamais dépassé 1 à 2 grammes; le liquide des flacons ne présentait pas la réaction de l'hydrogène sulfuré, le sulfure de calcium étant décomposé aussitôt que produit, par l'acide carbonique engendré en quantité infiniment plus considérable.

La production de l'hydrogène sulfuré peut-elle être attribuée à la réduction du sulfate de chaux par les substances qui l'accompagnent? Nous ne le pensons pas pour les raisons suivantes : les flacons *bis* destinés à contrôler les fermentations qui portent le même numéro qu'eux n'ont jamais donné lieu à aucun dégagement d'hydrogène sulfuré; ce n'est donc pas à une réaction chimique du sucre sur le sulfate de chaux que l'on peut attribuer la réduction de ce sel.

Si on porte à 100° le liquide en fermentation de manière à le

à la rigueur que l'hydrogène sulfuré provient de la décomposition de ces êtres microscopiques. Cette manière de voir nous semble peu admissible, étant donné que l'hydrogène sulfuré ne se produit pas dans les solutions où le ferment se développe mal et finit par périr. En résumé, si, contrairement à notre opinion, la réduction des sulfates est due à l'hydrogène, il ressort de ces expériences que tous les ferments capables d'engendrer ce gaz réduiront le sulfate de chaux; si non, cette propriété ne saurait être étendue sans réserves à d'autres ferments que ceux dont nous avons étudié l'action.

DES INFLUENCES MÉTÉOROLOGIQUES

SUR LA COMPOSITION DU VIN

PAR

M. A. BAUDOIN

L'eau-de-vie, qui a fait la réputation des Charentes, provient de la distillation du vin récolté sur un cépage nommé *folle blanche.* Le phylloxéra a fait disparaître ces beaux vignobles, d'abord, dans la craie supérieure, puis, dans les autres étages du crétacé jusqu'à l'oolithe, où l'on trouve encore des vignes ayant résisté (je ne parle pas des plantations américaines ni des vignobles traités).

Le vin que nous avons analysé provient des dépôts arénacés et argileux du jurassique, dépôts qui atteignent jusqu'à 2 mètres de profondeur et dans lesquels la folle blanche a conservé toute sa vigueur.

Le tableau suivant montre les écarts trouvés d'une année à l'autre

VIN BLANC CHERVES-COGNAC.

	1881.	1882.	1883.	1884.	1885.	MOYENNE.
Degré alcoolique............	9°.5	3°.7	7°.0	5°.5	4°.00	5°.960
Extrait......................	22.0	16.5	21.0	21.0	19.00	19.900
Acidité......................	9.0	4.8	8.0	8.0	10.00	7.560
Cendres.................. ..	1.3	1.6	2.3	1.9	1.88	1·706

dans la composition de ce vin ; et, en le rapprochant du second tableau où nous avons consigné la moyenne de nos observations de chaque jour, il sera facile de constater la part énorme des influences atmosphériques sur la composition du vin mis en expérience. Malheureusement le laboratoire ayant été crée le 1er octobre 1881, les observations météorologiques manquent pour cette première année.

En 1882 le vin ne marquait que 3°,7 et ne faisait que 16°,5 d'extrait ; le laboratoire municipal l'aurait considéré comme anormal, cependant il était naturel comme les années suivantes, la température moyenne d'août et septembre n'a été que de 26°,7 et de 21°,8, de plus, jusqu'à la fin d'octobre, il est tombé 325 millimètres d'eau.

TABLEAU DES MOYENNES DE TEMPÉRATURES OBSERVÉES A COGNAC PENDANT LA MATURATION DU RAISIN, ET PLUIE TOMBÉE EN MILLIMÈTRES PENDANT LE MÊME TEMPS.

	JUILLET.			AOUT.			SEPTEMBRE.			OCTOBRE.		
	Maximum.	Minimum.	Pluie.	Maximum.	Minimum.	Pluie.	Maximum.	Minimum.	Pluie.	Maximum.	Minimum.	Pluie.
			mil.			mil.			mil.			mil.
1882...........	26°.7	11°.1	47.9	26°.7	12°.5	47.0	21°.8	9°.9	98	18°.8	8°.2	153.8
1883.....	26°.6	12°.5	47.0	28°.6	12°.4	11.0	23°.3	12°.0	88	18°.7	6°.8	80.8
1884............	26°.1	13°.4	37.3	28°.8	13°.7	4.2	22°.0	9°.5	107	19°.4	4°.8	20.6
1885............	27°.8	14°.0	77.0	26°.8	11°.5	52.5	20°.7	8°.8	114	16°.7	4°.5	155.3

En 1883 le vin est meilleur, il marque 7°, fait 21 d'extrait et 2gr,3 de cendres ; mais aussi la moyenne de la température s'est élevée, elle est de 28°,6 en août et de 23°,3 dans le mois de septembre, il n'est tombé que 179 millimètres d'eau jusqu'à la fin d'octobre. L'année suivante le vin contient autant d'extrait, mais son degré est moins élevée, la chaleur moyenne de septembre n'est que de 22° et pour le minimun nous descendons à 9°,5 au lieu de 12°,5 de l'année précédente, de plus il est tombé 107 millimètres d'eau en septembre, il n'en était tombé que 38 millimètres l'année précédente pendant le même mois. Enfin en 1885 le vin marque 4°, son extrait a baissé de 2 grammes. La température moyenne est in-

férieure à celle de l'année 1884, la quantité d'eau tombée est de 321 millimètres jusqu'à la fin d'octobre.

Avant de terminer cette note nous appelons l'attention sur l'acidité du vin : En 1881, avec un degré élevé de 9°,5, ce vin faisait 9 d'acidité, et en 1885, avec un degré très faible, nous avons 10 d'acidité. Dans le premier cas, l'acide succinique et les autres acides produits par la fermentations dominent; dans le second cas c'est l'acide tartrique qui l'emporte.

Il faut abandonner complètement cette idée fausse que le vin naturel ne contient pas d'acide tartrique libre, cette année; tous les vins blancs apportés au laboratoire en contiennent, et il en sera toujours ainsi lorsque le raisin aura mal mûri.

REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Physiologie végétale.

Sur l'influence de solutions salines sur la germination des graines de quelques plantes de culture indigène, par MM. Jarius[1]. — Ce travail a pour but de montrer l'influence qu'exercent sur la germination les principaux sels neutres, surtout ceux qui, dans la pratique agricole, sont employés comme engrais. Les expériences furent entreprises avec du chlorure de potassium, du chlorure de sodium, du nitrate de potasse, du nitrate de soude, du sulfate de potasse, du sulfate d'ammoniaque et du phosphate acide de chaux et avec une solution nutritive. Les différentes concentrations des solutions de ces sels furent de 0,4 p. 100 de 1 p. 100 et de 2 p. 100, la solution de phosphate de chaux exceptée dont la concentration ne fut que de 0,2 p. 100.

Quelques essais préliminaires tentés sur des lentilles avec le chlorure de sodium avaient montré qu'une solution à 0,2 p. 100 exerçait une influence favorable; une solution à 1 p. 100, une influence moins favorable, et une solution à 2 p. 100, une influence tout à fait défavorable.

Les essais ont porté sur des graines d'avoine, d'orge, de seigle d'hiver, de blé d'hiver, de maïs, de lentille, de luzerne, de colza, de navet et de trèfle. Les résultats du gonflement des graines dans ces différents milieux ont été les suivants pour les lentilles : dans une solution de 2 p. 100 et quelle que soit la durée du gonflement, les graines augmentent toujours, en volume et en poids, moins que dans l'eau distillée. Le volume augmente moins encore que le poids, d'autant moins que la solution est plus concentrée. Le chlorure de sodium et le nitrate de soude au contraire déterminent à tous les degrés de concentration de leur solution, et dès le commencement du gonflement, une augmentation du poids spécifique de la graine de lentille. Les plus grandes

1. *Landwirthsch. Versuchsst.*, Bd. XXXII, Heft 2, p. 149 et suiv.

irrégularités se montrent après vingt-quatre heures de gonflement des graines dans les solutions à 0,4 p. 100 et à 1 p. 100 des sels de potasse.

L'augmentation en poids et en volume des graines de lentilles qui gonflent dans les différentes solutions arrive d'autant plus vite à son maximum que la solution est plus concentrée. Ce maximum est atteint avant quarante-huit heures dans une solution à 1 p. 100 ou à 2 p. 100 de sulfate d'ammoniaque; on peut même ensuite constater une diminution en poids et en volume des graines.

Les essais de germination ont fourni les données suivantes : les solutions salines à 0,2 p. 100 et à 0,4 p. 100 hâtent en général la germination de toutes les graines et augmentent le degré de vitalité des jeunes pousses. Les solutions à 1 p. 100 et surtout celles à 2 p. 100 entravent la germination ou l'empêchent complètement. Les pousses se développent inégalement; les organes tigellaires sont tantôt favorisés et tantôt les organes radiculaires; souvent les racines sont rudimentaires tandis que les pousses sont normalement développées. L'influence pernicieuse des solutions salines est d'autant plus accusée que l'accès de l'oxygène est plus entravé. La solution nutritive et les solutions à 0,4 p. 100 d'azotate de potasse et de chlorure de sodium favorisent tout particulièrement la germination des graines de légumineuses et de crucifères; les solutions, même à 0, 2 p. 100 et à 0, 4 p. 100 du phosphate acide de chaux et du sulfate d'ammoniaque exercent au contraire sur ces graines une action des plus défavorables.

Les graines des graminées se comportent le mieux vis-à-vis de ces différentes solutions et leur germination est souvent favorisée par des solutions même à 2 p. 100 de concentration. Le chlorure de sodium et le nitrate de soude à 2 p. 100 cependant leur fait le plus de tort. Le seigle d'été se montre le plus indifférent à tous les sels pendant la germination. Le maïs accuse, de toutes les graminées, le meilleur état par l'emploi de solutions salines à 0, 4 p. 100 et à 1 p. 100. L'effet que les solutions salines exercent sur la germination des graines de graminées se fait sentir également plus tard pendant toute l'existence des plantes germées, et des expériences ont montré que des solutions à 0, 4 p. 100 et à 1 p. 100 favorisent et activent leur développement tandis que des solutions à 2 p. 100 l'entravent. Ces expériences démontrent donc que les sels contenus dans les engrais artificiels peuvent agir favorablement sur la germination des graines pourvu que ces graines ne viennent pas en contact direct avec eux, car alors la solution saline atteindrait un degré de concentration trop élevé dans le sol au contact même des graines. Il est donc préférable de ne semer les graines qu'après que le passage de la herse sur le sol labouré aura établi un mélange plus uniforme de l'engrais salin sur les éléments du sol.

Recherches comparatives sur la quantité d'amides qui se développent chez différentes graines pendant la germination dans l'obscurité, par MM. B. SCHULZE et FLECHSIG [1]. — On sait le rôle important que joue l'asparagine dans la migration des matières albuminoïdes dans la plante. Les travaux de Pfeffer

1. *Landwirthsch. Versuchsst.*, Bd. XXXII Heft 2, 1885, p. 137.

ayant démontré que la formation de l'asparagine a pour effet de séparer de la molécule de matière protéique, un résidu riche en carbone utilisé à la combustion et à la production d'énergie, et que la reconstitution de la molécule de matière protéique par l'asparagine se fait, plus tard, dans les tissus verts par un emprunt de carbone aux produits directement assimilés, il a paru intéressant de voir jusqu'à quel degré l'asparagine peut s'accumuler chez différentes plantes, lorsque l'assimilation du carbone ne peut avoir lieu, les graines germées étant maintenues dans l'obscurité. Il est inadmissible *a priori*, que la quantité d'asparagine augmente ainsi dans les plantes germant à l'obscurité, jusqu'à ce que toutes les matières albuminoïdes se soient transformées, parce que cette transformation progressive devrait être accompagnée, dans la plante, de formation de tissus nouveaux ; or, cette formation dépend non seulement de la quantité de carbone, mais surtout de la quantité de matières minérales disponibles. On ne sait aucunement si les diverses substances qui coopèrent à la formation des cellules sont contenues dans les matières de réserve exactement dans la proportion de leur rôle. La question se complique en outre du fait constaté par M. Pfeffer que certaines plantes germées ne contiennent pas d'asparagine, et que, par conséquent, d'autres produits de dissociation de la mollécule protéique doivent prendre naissance. Les expériences qui suivent ont été entreprises pour déterminer si les légumineuses et les céréales, germant dans des conditions presque égales, developpent des quantités d'amides égales par rapport à la quantité de matières albuminoïdes qu'elles contiennent ou pour voir dans quel groupe de plantes et, éventuellement, dans quelle espèce cette formation est la plus considérable. On s'est adressé au lupin jaune, à une espèce de haricot, au pois et à quatre céréales : le blé, l'orge, le seigle et l'avoine. Voici les principaux chiffres des analyses :

Azote pour cent de matière sèche dans les graines mises en germination :

AZOTE POUR CENT DE MATIÈRE SÈCHE DANS LES GRAINES MISES EN GERMINATION.

	AZOTE TOTAL.	AZOTE DES MATIÈRES albuminoïdes.	AZOTE des AMIDES.	AZOTE DE L'EXTRAIT alcoolique.
Lentilles....................	4.13	3.57	0.43	0.08
Haricots....................	5.14	4.52	0.55	0.07
Lupin.......................	7.59	6.37	1.13	0.09
Seigle.......................	1.88	1.45	0.32	0.11
Avoine......................	1.84	1.65	0.04	0.15
Orge.........................	1.93	1.70	0.18	0.05
Blé..........................	2.27	1.97	0.23	0.07

Le chiffre si élevé pour l'azote des graines de lupin doit être mis sur le compte des alcaloïdes qu'elles renferment. La proportion d'amides dans les graines de seigle est plus remarquable. Les chiffres consignés dans ce tableau

démontrent que 10 p. 100 au moins de l'azote total appartiennent aux matières non albuminoïdes.

Voici maintenant quelques chiffres obtenus avec des plantes germées. Au moment du prélèvement des échantillons, les lentilles avaient atteint en longueur 0m,06, les haricots 0m,07; les lupins 0m,05, le seigle environ 0m,02 et les autres céréales de 3 à 4 centimètres.

	AZOTE TOTAL.	AZOTE DES MATIÈRES albuminoïdes.	AZOTE des AMIDES.	AZOTE DE L'EXTRAIT alcoolique.
Lentilles	4.68	2.73	1.42	0.53
Haricots	5.59	3.95	1.19	0.45
Lupins	8.84	4.75	3.54	0.55
Seigle	2.19	1.39	0 59	0.21
Avoine	2.02	1.47	0.35	0.20
Orge	2.09	1.57	0.34	0.18
Blé	2.51	2.01	0.33	0.17

Des échantillons de lentilles, de lupins et de haricots, prélevés quand les plantes germées n'avaient atteint que 2 à 3 centimètres de longueur, ont donné les chiffres suivants :

	AZOTE TOTAL.	AZOTE DES MATIÈRES albuminoïdes.	AZOTE des AMIDES.	AZOTE DE L'EXTRAIT alcoolique.
Lentilles	4.30	3.35	0.73	0.22
Haricots	5.42	4.54	0.62	0.26
Lupins	8.56	6.26	1.76	0.54

En comparant entre elles les proportions d'azote des matières albuminoïdes avant et après la germination (et ces quantités sont les seules sur lesquelles on puisse argumenter), on voit que leurs transformations pendant la germination diffèrent graduellement chez les légumineuses et les céréales. Les légumineuses forment en général des quantités d'amides, absolues et relatives, plus considérables et parmi elles, comme M. E. Schulze l'avait déjà observé, les lupins se distinguent plus particulièrement, car on voit que près de 40 p. 100 de la matière albuminoïde primitive ont été transformés en combinaisons azotées, probablement en amides. Après les lupins viennent les lentilles tandis que les haricots possèdent au minimum la propriété de former des combinaisons amidées. Pour les céréales, le seigle vient, sous ce rapport, en première ligne,

ensuite l'avoine, puis l'orge; le blé sembla, pendant la germination, conserver le plus longtemps ses matières albuminoïdes intactes. Les résultats de ces expériences semblent prouver encore que les graines en germination ne développent pas des quantités d'amides proportionnelles à leurs matières de réserve azotées, mais qu'il y a sous ce rapport à tenir compte de l'espèce de la plante. Reste à savoir si ces différences spécifiques, ou individuelles mêmes, sont dues à des forces de résistance plus ou moins grandes des diverses substances albuminoïdes ou bien si elles sont déterminées par d'autres conditions.

Le ferment succinique et son action sur le sucre de canne, par M. J.-F. TEXEIRA-MENDÈS[1]. — Le ferment succinique est un microbe qui apparaît dans les solutions étendues de tartrate d'ammoniaque et de sels minéraux nourriciers, et qui transforme le tartrate d'ammoniaque en un mélange de carbonate, d'acétate, de formiate et surtout de succinate d'ammoniaque.

Jusqu'à présent cette bactérie n'avait pas été obtenue à l'état de pureté. Elle est douée de mouvement; sa largeur est de $0^{m},0006$ à $0^{m},001$ et sa longueur de $0^{m},0025$ à $0^{m},004$. Les articles sont courts, et le plasma est accumulé à leurs extrémités.

Les solutions purement minérales ne sont pas favorables à ce microbe, qui semble se multiplier le plus activement dans une décoction de chou contenant 3 p. 100 de glycérine. La forme du petit organisme change dans différents milieux : il est arrondi, cylindrique, dans le lait, qui se caille et ne redissout plus le coagulum, et dans de l'urine contenant 10 p. 100 de sucre ou dans le moût de bière. On obtient des formes allongées dans le bouillon de bœuf, dans l'extrait de viande, dans la décoction glycérinée de chou et dans une solution d'asparagine, et enfin des formes irrégulières, dix à vingt fois plus volumineuses, à la surface d'une solution à 3 p. 100 de sucre de canne additionnée d'une petite quantité de bouillon. Les acides forts empêchent son développement, il ne se développe pas dans une solution de bitartrate de potasse, il se multiplie lentement dans le moût de bière. Ce ferment est franchement anaérobie et il ne se conserve pas longtemps. La fermentation succinique continue encore activement à 41°,5 pour ne s'arrêter complètement qu'à 60°.

La bactérie agit très lentement sur le sucre de canne, mais elle le décompose pourtant en donnant les mêmes produits qu'avec l'acide tartrique et en outre de l'alcool. La réaction est trop lente pour qu'on puisse songer à l'utiliser pour la préparation de l'acide succinique.

L'influence du ferment succinique n'est pas à craindre dans l'industrie sucrière, parce qu'une température de 60° suffit pour le tuer rapidement.

Chimie agricole.

Ammoniaque ou nitrate de soude, par M. MŒRKER[2]. — Les recherches les plus récentes ont conduit à considérer le nitrate de soude (salpêtre du Chili) comme l'engrais azoté par excellence. Malheureusement l'argent

1. *Bullet. de l'Association des chimistes*, III, p. 74.

2. *Ammoniak oder Chilisalpeter?* Magdeburger Zeitung, 1885, 1er et 7 juillet. — *Centralbl. für Agrikulturchemie*, 1885, p. 439.

dépensé pour cet engrais va à l'étranger. Il serait par conséquent utile de savoir si l'industrie indigène ne pourrait pas substituer un autre engrais azoté, le sulfate d'ammoniaque, au salpêtre du Chili.

La plus grande quantité de sulfate d'ammoniaque est obtenue comme production secondaire dans la distillation sèche du charbon de terre, surtout en Angleterre. En 1885, l'Allemagne a acheté en Angleterre 36000 tonnes de sulfate d'ammoniaque d'une valeur de plus de 11 millions de francs.

Jusqu'à ce jour les fabricants de coke n'ont pas songé à fabriquer du sulfate d'ammoniaque; l'azote du charbon de terre, en partie transformé en ammoniaque, se perd dans l'atmosphère; mais on a construit récemment des appareils qui permettent de recueillir les produits de la distillation et on obtient ainsi :

1) Goudron 2 à 3 1/2 p. 100 de houille;

2) Gaz de l'éclairage, moitié moins éclairant que le gaz ordinaire, mais très propre au chauffage et à l'alimentation des moteurs à gaz.

3) Sulfate d'ammoniaque, 1 p. 100 de houille (dans la haute Silésie, on obtient jusqu'à 1,37 p. 100, dans la basse Silésie, 0,8 à 0,9 p. 100, dans le bassin de Sarrebrück, 0,7 à 0,8 et en Westphalie 1 p. 100).

M. Otto a montré, par des chiffres, que la fabrication du coke deviendra beaucoup plus rémunératrice quand on produira en même temps du goudron et du sulfate d'ammoniaque.

En effet, 200 kilogrammes de houille sèche produiront en goudron, le prix de cette matière étant évalué à 6 fr. 85 :

	Fr.
3.50 p. 100 de goudron..................	24.05
3.00 p. 100 de goudron..................	20.60
2.50 p. 100 de goudron..................	17.20
2.00 p. 100 de goudron..................	13.65

En outre, le sulfate d'ammoniaque étant coté au prix de 33 fr. 75 les 100 kilogrammes et en retranchant 6 fr. 25 pour le prix de fabrication des 100 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque, on aura de ce chef un bénéfice net assez élevé.

La production étant de	Fr.
1.33 p. 100..............................	37.60
1.00 p. 100..............................	27.50
0.97 p. 100..............................	24.75
0.80 p. 100..............................	22.00
0.70 p. 100..............................	19.25

La statistique prouve que les 13000 fours à coke de l'Allemagne produiraient aisément par an plus de deux millions de quintaux de sulfate d'ammoniaque, c'est-à-dire beaucoup plus que n'en demande l'agriculture du pays.

Il s'agit de savoir si le sulfate d'ammoniaque pourra reconquérir le rang qu'il occupait comme engrais azoté et qu'il a dû céder au nitrate de soude et quel devra être le prix d'achat du sulfate d'ammoniaque comparé à celui du nitrate de soude.

M. Mœrker a fait faire des essais dans la province de Saxe, sur des betteraves, en employant comparativement comme engrais, d'une part un quintal

de nitrate de soude, d'autre part, trois quarts de quintal de sulfate d'ammoniaque, contenant la même quantité d'azote.

Les deux engrais ayant été donnés au printemps, l'excès de récolte a été de 25 à 30 quintaux de betteraves pour le nitrate de soude, et seulement de 15 à 20 quintaux pour le sulfate d'ammoniaque. Mais ce dernier engrais ayant été répandu en automne, les récoltes ont été à peu près les mêmes dans les deux cas.

MM. Lawes et Gilbert sont arrivés à des résultats assez désavantageux pour le sulfate d'ammoniaque. Le blé et l'orge ont donné en général une récolte bien moindre en grain et en paille avec le sulfate d'ammoniaque qu'avec le nitrate de soude, tandis que l'avoine a produit à peu près autant dans les deux cas.

Il est clair que la différence de récolte doit être compensée par la différence du prix de l'engrais.

Les sels ammoniacaux ne pourront se substituer au salpêtre du Chili que lorsqu'il seront notablement moins chers que ce dernier et que la même dépense permettra de donner un engrais azoté plus abondant. Il n'est pas impossible que le salpêtre du Chili trouve bientôt un concurrent sérieux dans le sulfate d'ammoniaque produit dans les fours à coke, et que l'argent donné à l'étranger pour les engrais azotés, profitent désormais à notre industrie européenne.

L'ensilage des fourrages verts, par MM. Joulie et Cottu (*Annuaire de la Société des Agriculteurs de France*, t. XVII). — Quelles sont les modifications que subissent les fourrages verts pendant l'ensilage? Telle est la question qui a déjà été abordée par nombre d'agronomes et qui est encore loin d'être résolue.

M. Joulie avait déjà soumis à des analyses comparatives les fourrages à l'état normal puis modifiés par l'ensilage, et il avait particulièrement porté son attention sur les transformations des matières albuminoïdes; il avait reconnu que, pendant la fermentation, une fraction de ces albuminoïdes passe à l'état d'amides dont l'action sur l'économie animale est encore mal établie.

On sait que les analystes sont encore loin d'être fixés sur la meilleure méthode à employer pour distinguer, dans les matières azotées totales d'un fourrage, déterminées en multipliant par 6.25, le chiffre de l'azote total, la proportion de cet azote qui appartient non à des albuminoïdes nutritifs, mais à des amides, telles que la glutamine ou l'asparagine.

M. Fausto Sestini et M. Church ont donné des procédés qui paraissent conduire à de bons résultats[1], M. Joulie a employé celui qu'a imaginé M. H. Pellet et qui consiste à faire bouillir le fourrage avec de l'acide acétique étendu de façon à coaguler les albuminoïdes et à dissoudre les amides. M. Joulie avait trouvé que sur 100 de matière azotées contenues dans diverses fourrages il en a été modifié les quantités suivantes :

4. 10 pour l'herbe de la prairie.
5. 62 pour le trèfle incarnat.
33. 53 pour le trèfle violet.

Il est bien probable que les chiffres très différents obtenus pour le trèfle

1. *Ann. agron.*, t. IV, p. 633.

incarnat et le trèfle violet sont dus à des fermentations différentes également.

Ces amides sont-elles sans valeur alimentaire, nous l'ignorons absolument; les transformations que les fourrages subissent pendant la fermentation ont-elles pour effet de diminuer leur valeur nutritive, ou bien au contraire, malgré la perte de poids subie, les principes restants sont-ils arrivés à un état tel que les animaux en tirent meilleur parti que des fourrages verts ou secs non ensilés, c'est ce qu'on ne peut décider que par l'expérience directe, et c'est cette expérience que MM. Joulie et Cottu se sont décidés à entreprendre.

Ils ont voulu non seulement savoir comment les fourrages ensilés ou non influeraient sur le poids des animaux, mais ils ont cherché en outre, par l'étude complète des déjections, quels étaient les principes qui passaient dans le tube digestif sans être utilisés par la nutrition.

Les expériences ont porté sur trois lots de deux bêtes à cornes, qui ont été placés dans des stalles de zinc de façon à pouvoir recueillir les déjections solides et liquides; les animaux ont été en expérience du 19 août au 3 septembre, le lot nourri au fourrage ensilé a augmenté de 27 kilos, celui qui a eu le fourrage vert de 15 kilos et enfin les animaux nourris au sec de 4 kilos seulement.

On a continué ensuite l'expérience en comparant l'ensilage doux à l'ensilage acide.

On sait qu'on distingue ainsi les fourrages qui ont subi deux ordres de fermentation différents; il arrive parfois que pendant l'ensilage il se développe une quantité notable d'acide lactique, tandis qu'au contraire, dans d'autre cas, la fermentation paraît être seulement alcoolique; le mémoire de feu Vœlcker qui a été publié en 1885, dans les *Annales*, a indiqué les méthodes conseillées pour obtenir à volonté l'une ou l'autre fermentation.

Les conclusions que les auteurs ont pu tirer de leurs essais ne sont pas encore définitives; tandis que le trèfle ensilé qui avait subi la fermentation douce a paru nettement supérieur au trèfle vert, l'ensilage acide a très bien réussi pour un des animaux et médiocrement pour l'autre.

MM. Joulie et Cottu ont poussé leurs études très loin, les résultats auxquels ils sont arrivés pour les comparaisons auxquelles ils se sont livrés sont, d'après leurs expressions mêmes, surprenants, et il convient d'attendre de nouveaux essais pour en tirer des conclusions précises; nous nous bornerons donc à donner la conclusion de cet important mémoire, dans lequel les auteurs ont peut-être voulu d'un seul coup résoudre un trop grand nombre des questions complexes que soulève l'emploi des fourrages ensilés.

« Concluons donc que le trèfle ensilé, qui a subi une fermentation et une sorte de coction dans le silo, se présente sous une forme beaucoup plus favorable à l'assimilation que le trèfle sec et surtout que le trèfle vert.

» Il en résulte que bien que le silo détruise une certaine portion de la matière utile contenue dans les fourrages, son intervention est néanmoins très précieuse, puisqu'elle assure l'alimentation de l'animal dans de telles conditions qu'il pourra détruire de vingt à trente fois moins de ces mêmes principes alimentaires pour donner le même résultat d'accroissement. »

Composition des eaux-de-vie de vin, par M. CH. ORDONNEAU.[1] — L'auteur a

1. Comptes rendus, t. CII, p. 217 (25 janvier 1886).

soumis à la distillation fractionnée trois hectolitres d'eau-de-vie de Cognac de provenance certaine; il en a ainsi séparé une série de matières qui caractérisent ces eaux-de-vie recherchées. L'*alcool de tête* renferme de l'aldéhyde, de l'éther acétique, de l'acétat avec des traces d'éther propionique et d'éther butyrique. L'*alcool de queue* (passant à la distillation après l'alcool ordinaire) a fourni environ 1200^{cc} d'un produit possédant l'arome particulier de l'eau-de-vie mise en œuvre. Parmi les produits dominants se trouvent l'alcool propylique $C^6H^8O^2$, 40 grammes par hectolitre, l'alcool butylique normal $C^8H^{10}O^2$: 218 grammes par hectolitre, et enfin l'alcool amylique $C^{10}H^{12}O^2$: 83 grammes par hectolitre.

En comparant à l'eau-de-vie les produits de la distillation des alcools de maïs, betteraves, pommes de terre, on y trouve de l'alcool propylique, de l'alcool amylique et de l'alcool *isobutylique* sans trace d'alcool butylique normal.

« La présence de celui-ci dans les eaux-de-vie, m'a fait supposer (ajoute l'auteur), qu'il est un de ses produits normaux de la fermentation alcoolique sous l'influence de la levure elliptique, tandis que l'alcool isobutylique se produirait dans la fermentation développée par la levure de bière; pour le constater, j'ai fait fermenter 100 kilos de mélasse de raffinerie avec de la lie de vin séchée à l'air libre, et des 19 litres d'alcool à 92° obtenus par cette fermentation j'ai retiré une huile à odeur agréable, bien différente de celle des distilleries et renfermant de l'alcool *butylique normal*, mêlé à de l'alcool amylique : cette huile ressemble à celle que l'on retire par distillation du vin nouveau.

» Ceci semble donc prouver que la levure elliptique donne des corps secondaires différents de ceux que produit la levure de bière. L'odeur dite de trois six que possèdent, selon les négociants, les alcools d'industrie, est due à la présence de l'alcool isobutylique, dont les rectifications faites dans les distilleries ne parviennent pas à débarrasser l'alcool. De plus l'alcool isobutylique a une saveur désagréable, tandis que l'alcool normal possède la finesse recherchée par la dégustation.

» Ces résultats m'ont permis d'indiquer un procédé industriel pour préparer avec toutes les substances sucrées des alcools bon goût et dénués même à l'état de phlegmes de l'odeur dite de trois six; il consiste à faire fermenter les moûts par la levure elliptique qui est aussi facile à cultiver que la levure de bière. Cette levure qui est basse agit avec vigueur de 28° à 32°, et ne paraît pas dégénérer après plusieurs cultures. Ce procédé aura subi avant peu les épreuves de la pratique industrielle et permettra avec des appareils distillatoires ordinaires de fournir d'excellents alcools.

» L'analyse de l'eau-de-vie m'a montré encore que le bouquet véritablement vineux des eaux-de-vie et des vins est dû à un corps qui n'y est qu'en petite quantité, qui parait être un terpène bouillant à 178° et dont les produits d'oxydation caractérisent la vieille eau-de-vie; il est plus abondant dans les vins blancs. L'eau-de-vie contient, en outre, de petites quantités d'amines probablement pyridiques, qui, pour certains crus, lui donnent une sécheresse particulière et nuisent à sa qualité. »

Le Gérant: G. Masson.

Bourloton. — Imprimeries réunies, B.

PERTES

ET

GAINS D'AZOTE DES TERRES ARABLES

CONFÉRENCE FAITE LE 28 FÉVRIER 1886
AUX PROFESSEURS DÉPARTEMENTAUX D'AGRICULTURE

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN.
Professeur au Muséum et à l'École de Grignon.

Messieurs,

Je dois d'abord remercier le bureau de votre Association de l'honneur qu'il m'a fait, en me demandant de traiter aujourd'hui devant vous une question d'un intérêt capital.

On a rarement la bonne fortune de parler devant un auditoire composé non pas d'élèves, mais de maîtres, et je suis très heureux de l'occasion que vous me fournissez de répandre quelques notions qui ne sont peut-être pas encore assez connues. Si je réussis à vous faire partager mes convictions, je suis certain que, grâce à vous, elles auront bientôt fait le tour de la France agricole, car par votre contact direct avec les cultivateurs, que vous allez successivement chercher dans tous leurs cantons, vous exercez l'influence la plus heureuse sur la propagation des idées justes, nettes, qu'il vous faut réussir à substituer aux formales vagues, aux opinions *a priori* qui malheureusement guident souvent encore les praticiens.

Pourquoi, Messieurs, n'ai-je voulu vous parler aujourd'hui que des pertes et des gains d'azote des terres arables; pourquoi n'avoir pas étendu cette conférence aux autres éléments si précieux qui exercent également une influence marquée sur le développement des végétaux? Pourquoi ne rien dire, ni de l'acide phosphorique ni de la potasse?

D'abord, Messieurs, il faut savoir se borner, et ce n'est pas en une heure qu'on peut embrasser l'ensemble des phénomènes qui se produisent dans le sol cultivé; en outre, ce qui touche aux déperditions de l'acide phosphorique et de la potasse est relativement simple. Ces deux importants facteurs de la production végétale jouissent d'une propriété précieuse : ils sont bien retenus par la terre arable, on ne les rencontre pas dans les eaux de drainages;

de telle sorte qu'ils ne disparaissent du sol qu'avec les récoltes qu'il fournit.

Or les quantités de matière minérale ainsi enlevées sont minimes; elles sont de plus faciles à chiffrer, et le cultivateur peut facilement savoir s'il convient ou non de restituer au sol de son domaine ce que les plantes lui ont enlevé. Vous savez, au reste, qu'il y a un grand nombre de sols qui renferment des proportions d'acide phosphorique ou de potasse assimilables, suffisantes pour que l'emploi des engrais phosphatés ou potassiques soient souvent inutiles; c'est ainsi notamment, qu'à l'école de Grignon, j'ai essayé en vain d'augmenter les récoltes par l'emploi des superphosphates, et que très rarement j'ai trouvé quelque bénéfice à faire usage des engrais de potasse.

Enfin, il convient d'ajouter que, sur ces deux éléments, nous n'avons aucune inquiétude: depuis que l'attention s'est portée sur ces substances, on les a trouvées répandues à la surface du globe en quantités immenses; vous savez que les nodules de phosphate de chaux se rencontrent dans nos départements de l'est, Marne et Ardennes, aussi bien que dans le centre, qu'ils existent également dans le Pas-de-Calais, autour du massif jurassique du Boulonnais; on les trouve répandues avec abondance en Angleterre, et en Russie avec une extrême profusion. Nos départements méridionaux du Lot et du Tarn renferment des phosphorites; l'apatite est commune en Espagne : le marché est donc largement ouvert et la culture trouvera toujours à s'approvisionner d'acide phosphorique.

Il en est de même de la potasse; les eaux de la mer en renferment des quantités indéfinies et le gisement de Stassfurt en fournira pendant des siècles à tous les sols, sur lesquels elle exerce une influence heureuse.

Il en va tout autrement pour l'azote; il est peu de sols sur lesquels les combinaisons azotées soient sans action; presque toujours, au contraire, elles exercent l'influence la plus marquée. Or, cet élément est gazeux, il peut donc disparaître à l'état libre sans que nous soyons avertis de sa perte; en outre, quand, uni à l'oxygène, il constitue l'acide azotique, il disparaît aisément dans les eaux souterraines, car il n'est plus retenu par la terre arable comme lorsque, combiné à l'hydrogène, il constitue l'ammoniaque, de telle sorte que sa déperdition est toujours à redouter.

Elle l'est d'autant plus que les ressources que nous avons à notre disposition sont bien loin d'être aussi étendues que pour l'acide

phosphorique et la potasse. Bien que l'azote soit très répandu à la surface de la terre, puisqu'il forme les $\frac{4}{5}$ de notre atmosphère, l'humanité n'en est pas moins menacée d'une pénurie d'azote utilisable, car malgré les progrès de la chimie, nous sommes encore impuissants à faire pénétrer cet élément en combinaison; nous sommes incapables de lui faire revêtir une forme sous laquelle il puisse être utilisé par la végétation. Il n'existe nulle part d'usine où, s'emparant de l'azote atmosphérique, on sache l'unir à l'oxygène pour fabriquer de l'acide azotique, ou à l'hydrogène pour faire de l'ammoniaque; nous vivons sur un stock d'azote combiné qui peut-être n'augmente pas : or comme une terre dépouillée d'azote deviendrait absolument stérile, il importe de préciser les conditions dans lesquelles le sol cultivé perd de l'azote, celles dans lesquelles, au contraire, il peut en gagner.

L'examen de ces conditions a non seulement un intérêt général de premier ordre, il présente aussi pour vous, messieurs les professeurs d'agriculture, un intérêt immédiat; en effet, l'étude des déperditions et des gains d'azote des terres arables vous permettra d'aborder cette terrible question de l'engrais en terre sur laquelle vous êtes souvent consultés, quand il s'agit de savoir quelle indemnité est due à un fermier sortant.

La question est très délicate, très complexe; elle ne peut se résoudre que par une étude attentive, et non par une simple opération d'arithmétique comme on le croyait naguère. Prenons un exemple pour fixer nos idées. J'imagine que vous ayez à donner votre avis sur les deux cas suivants :

Un fermier, partisan des engrais chimiques, fait de grosses dépenses en sulfate d'ammoniaque et en nitrate de soude; après avoir soutenu sa culture par des apports considérables de ces engrais, il quitte sa ferme. Si on calcule les quantités d'azote contenues dans ses récoltes, on trouve qu'elles sont loin de représenter celles qu'il a acquises. Lui doit-on une indemnité? On la lui doit à coup sûr si le sol renferme l'excès d'azote qu'il a introduit et qui ne se retrouve pas dans les récoltes qu'il a obtenues; mais si cet azote s'est dissipé, s'il a disparu, on ne lui doit pas une matière qu'il a acquise sans doute à prix d'argent, mais qu'il a laissé perdre.

Cet azote introduit non retrouvé dans la récolte existe-t-il dans le sol? Je vous montrerai dans la suite de cette conférence, qu'il en reste peu de chose.

Prenons un autre cas. Voici un fermier qui, frappé des bas prix des céréales, renonce à les cultiver; il transforme sa terre en prairie et se contente d'élever et d'engraisser des animaux; il n'achète aucun engrais azoté; il va même jusqu'à vendre son fumier : celui-là à coup sûr paraît laisser son domaine dans l'état le plus fâcheux, et loin de lui accorder une indemnité, il semble qu'il devrait en verser une à son propriétaire. Eh bien, je crois au contraire qu'il laissera son sol dans un état plus favorable que son voisin qui a tant dépensé.

Vous voyez, Messieurs, nous sommes loin du vieil adage : « Un champ est une armoire, on y trouve ce qu'on y a mis. » L'adage, vrai s'il s'agit de l'acide phosphorique ou de la potasse, est absolument faux quand il s'agit de l'azote; car cet élément disparaît ou apparaît sans que le cultivateur intervienne ostensiblement.

Il est donc nécessaire, vous le voyez, de procéder à une étude attentive des conditions dans lesquelles une terre perd ou gagne de l'azote.

J'ai abordé ce sujet il y a onze ans, au moment où fut disposé le champ d'expériences de Grignon; à cette époque, je l'ai divisé en parcelles d'un are, et j'ai déterminé la richesse en azote du sol en prélevant de nombreux échantillons; puis j'ai mis mes diverses parcelles en culture en notant soigneusement, pour chacune d'elles, le poids et la composition des récoltes obtenues, le poids et la composition des engrais employés.

En 1878, j'ai repris des échantillons de terre, et j'ai déterminé de nouveau la richesse en azote. Pour que ces dosages soient rigoureux, il faut constituer deux échantillons prélevés sur la même parcelle et trouver pour ces deux échantillons la même composition; si les chiffres sont différents, il n'y a pas à hésiter, il faut prendre un troisième échantillon pour départager les deux premiers. On arrive ainsi à savoir exactement quelle est la richesse en azote d'un sol soumis à une culture déterminée et ayant reçu un poids d'engrais connu. Pour préciser ces données, appelons A le poids de l'azote contenu dans le sol d'un hectare, ce qu'on arrivera à calculer en admettant pour la terre une profondeur de $0^m,35$, et une densité de 1,2; on aura ainsi 3850 tonnes pour le poids de la terre d'un hectare. En multipliant par ce chiffre le poids d'azote contenu dans un kilogramme de terre, on aura le chiffre A. Appelons E le poids d'azote contenu

dans les engrais. A + E représentera le poids d'azote mis en jeu, dans la culture d'un hectare, pendant la période considérée; si nous désignons par R le poids d'azote contenu dans les récoltes, qui est facile à connaître, par S celui qui existe dans le sol à la fin de l'expérience, quantité que nous déterminerons en procédant à de nouveaux dosages, nous pourrons mettre ces valeurs en équation.

Il est évident que trois cas sont possibles : nous pouvons avoir

$$(A + E = R + S)$$

c'est ce que nos devanciers supposaient implicitement quand ils croyaient pouvoir calculer l'engrais restant en terre, par la seule considération du poids d'engrais introduit et de la quantité prélevée par les récoltes, mais on conçoit qu'il puisse arriver que

$$(A + E > R + S)$$

dans ce cas la différence

$$(A + E) - (R + S) = P$$

la perte d'azote du sol ; ou bien nous pouvons avoir au contraire

$$(A + E < R + S)$$

et la différence

$$(R + S) - (A + E) = G$$

le gain d'azote du sol pendant la période considérée.

Examinons ce qui s'est passé au champ d'expériences de Grignon en 1878[1]. On a pris des échantillons de terre sur trois ou quatre parcelles cultivées pendant les quatre années 1875-1876-1877-1878 en pommes de terre; dans quatre autres cultivées en maïs fourrage; dans quatre enfin qui avaient porté trois ans des betteraves et un an du maïs fourrage. Dans chaque lot, une parcelle avait reçu du fumier, une autre de l'azotate de soude, une autre du sulfate d'ammoniaque; la dernière était restée sans engrais. Ainsi qu'il a été dit, les récoltes obtenues ont été pesées et on y a exécuté quelques dosages d'azote, de façon à se rendre compte des quantités d'azote qu'elles renfermaient.

En exécutant les calculs à l'aide de ces données, on arriva à se convaincre que le sol avait perdu des quantités d'azote notables. Non seulement l'azote introduit sous forme d'engrais avait disparu, mais en outre une partie de l'azote contenu primitivement dans le sol ne s'y retrouvait plus; dans la culture des betteraves cette perte était particulièrement sensible, elle s'élevait a près du

1. *Ann. agron.*, t. VIII, p. 321.

langeant les matières azotées faciles à nitrifier à du sable, à de la craie, il ne put réussir à produire des nitrates, tandis qu'ils apparurent bientôt quand la matière à nitrifier était mélangée à de la terre arable. Celle-ci renfermait donc un agent spécial qui faisait défaut dans le sable ou dans la craie. Cet agent fut découvert par MM. Schlœsing et Muntz[1], qui montrèrent que la production des nitrates dans le sol est due à l'activité d'un ferment figuré aérobie.

La démonstration découle des faits suivants :

1. Une terre qui nitrifie aisément perd cette propriété si elle est portée à une température de 110° à 115° capable de tuer les organismes qu'elle renferme.

2. Elle cesse de nitrifier si elle est soumise à l'action des vapeurs de chloroforme, qui on le sait, par les travaux de M. Muntz, paralyse l'action des ferments figurés.

3. Une terre qui a été stérilisée par l'action d'une température élevée, qui a perdu la propriété de nitrifier, la retrouve par l'ensemencement des germes contenus dans une terre où la nitrification est en pleine activité.

Toutes les terres cultivées paraissent renfermer des germes du ferment nitrique dont l'activité varie avec la température, l'humidité, la concentration des dissolutions ammoniacales sur lesquelles il agit.

Ce ferment étant aérobie, on conçoit déjà qu'il exercera plus vivement son action sur une terre ouverte par le soc de la charrue que sur une terre laissée en repos, et que par suite les labours, les façons favoriseront la nitrification. Toutefois ce n'est pas seulement par une aération plus complète du sol que les travaux développent une nitrification plus active; ils exercent encore une autre action que M. Schlœsing a très finement observée[2]. Il a reconnu que si une terre bien aérée, placée dans un flacon, ne produisait que peu de nitrates, on réussissait à augmenter son activité en la triturant dans un mortier. Que fait-on dans ce cas? on dissémine le ferment, on le met en contact avec de nouvelles matières alimentaires encore indemnes sur lesquelles il peut exercer son activité et dont il détermine la transformation. Il est bien à remarquer, en

1. *Ann. de chimie et de phys.*, 4e série, t. XXIX, p. 186, 1873.

2. *Contributions à l'étude de la chimie agricole*, par M Schlœsing. Encyclopédie Frémy.

effet, que dans le sol, les choses ne se passent pas comme dans les liquides où nous cultivons les ferments; il n'y a pas dans la terre une nappe d'eau qui permette au ferment de se propager, il reste là où il est déposé, et quand il a épuisé le stock de matières organiques au contact desquelles il se trouve, il forme probablement des spores qui attendront des conditions favorables pour se développer et agir.

Or que faisons-nous dans nos terres, quand nous les travaillons avec nos charrues, nos herses, nos rouleaux; nous mélangeons les diverses parties du sol, nous imitons ce que fait M. Schlœsing quand il triture la terre dans un mortier; nous disséminons le ferment et son activité se traduit par une production de nitrates plus abondante.

Qu'arrive-t-il donc dans un sol comme celui des parcelles de Grignon soumises à la culture continue des betteraves, du maïs ou des pommes de terre, dans un sol chaud particulièrement perméable à l'air et à l'eau, bien pourvu de calcaire, la nitrification s'y exagère, il se fait non seulement beaucoup de nitrates qui servent à l'alimentation de la plante, il s'en fait en outre beaucoup plus qu'il n'est nécessaire et ces nitrates surabondants entraînés dans le sous-sol passent dans les eaux souterraines.

Cette nitrification, Messieurs, se produit non seulement à l'aide des sels ammoniacaux, mais aussi avec les matières azotées du fumier, avec celle des tourteaux, et à Rothamsted on trouve des nitrates dans les eaux qui s'écoulent de la parcelle fumée avec des tourteaux, comme on en trouve dans l'eau qui s'écoule de la parcelle qui a reçu du fumier.

Or, Messieurs, dans ce cas-là, la combustion de l'azote ne peut avoir lieu que par une combustion correspondante du carbone; quand j'ai procédé au dosage d'azote dans le sol de Grignon, j'ai déterminé également le carbone qui s'y trouvait, il avait aussi considérablement baissé; le nitrification exagérée prive donc le sol de sa matière organique, or vous savez quel rôle capital remplit cette matière organique, elle retient l'humidité, c'est grâce à elle que les plantes peuvent supporter les longues sécheresses sans se flétrir. Une terre labourée, chaque année soumise à des façons nombreuses, multipliées, va donc fatalement s'appauvrir en matière organique et c'est là, je pense, la cause de la stérilité actuelle de pays autrefois florissants.

Quand une population s'accroît, qu'elle a besoin de terres nouvelles, elle défriche les landes, les pâtis, les bruyères, si elle ne lui restitue aucune matière organique, les combustions que les labours déterminent, épuisent en quelques années le stock de matière organique provenant des générations antérieures, après quelques années, si aucun apport de matière organique ne vient combler le déficit, cette terre est stérile, il faut l'abandonner et aller à la recherche de terres nouvelles, fatalement alors l'homme s'attaque à la forêt et dès lors la ruine du pays est prochaine, car avec la forêt disparaît la pluie ou au moins la distribution régulière des eaux, et c'est la sécheresse des terres autrefois boisées au moins sur les hauteurs qui causent leur stérilité actuelle[1].

Ainsi toutes les terres habituellement travaillées par la charrue sont exposées à des pertes d'azote considérables, dans ces terres l'équation de l'azote se résout par la formule

$$(A + E) - (R + S) = P$$

Dans les expériences exécutées à Grignon, la perte a porté non seulement sur l'azote des engrais, mais aussi sur l'azote primitif du sol toutes les fois qu'on a distribué seulement des engrais solubles, quand on a donné du fumier il n'en a plus été ainsi dans le cas de la culture du maïs fourrage et des pommes de terre; l'azote du sol a été préservé et c'est seulement la partie d'azote de l'engrais non utilisé par la récolte qui a disparu[2]. Dans la culture des betteraves, l'azote du sol lui-même a au contraire diminué, même quand on a employé le fumier de ferme.

Ainsi qu'il a été dit, cette perte était énorme en 1879, les parcelles qui avaient porté les betteraves de 1875 à 1878, puis du maïs fourrage en 1879, avaient perdu le quart de leur azote, je voulus essayer de les rétablir et j'y semai du sainfoin.

En 1882, après qu'on eut prélevé trois bonnes récoltes, on reprit des échantillons de terre, les résultats furent remarquables, bien que le sainfoin eut été enlevé, bien qu'il fut riche en azote, bien qu'il n'eût reçu aucun engrais, la terre loin de continuer à s'appauvrir, renfermait au contraire un peu plus d'azote qu'en 1879.

Ainsi pendant la culture du sainfoin, il y avait eu gain d'azote; le fait peut paraître étrange, il a été constaté cependant non seu-

1. *Ann. agron.*, t. XI, p. 377.
2. *Ann. agron.*, t. VIII, p. 326 et 335.

lement à Grignon, mais aussi à Rothamsted et l'expérience est si frappante que je veux en remettre les éléments sous vos yeux.

En 1873, ou divise en deux parties un champ bien homogène qui avait porté de l'orge, sur l'une on sème du trèfle, sur l'autre de l'orge, à la fin de l'été on pèse la récolte obtenue sur les deux parcelles et on l'analyse, il en résulte que le trèfle a pris dans le sol 169^{kil},5 d'azote et l'orge 41^{kil},7 ; on analyse ensuite le sol des deux parcelles on trouve 1^{gr},450 par kilo dans celui qui a porté l'orge et 1^{gr},578 par kilo dans celui qui a porté le trèfle, ainsi le sol a cédé une plus grande quantité d'azote et cependant en renferme davantage; on en trouve une nouvelle preuve dans le fait suivant : les deux parcelles sont encore ensemencées en orge, qui dans ces cas se succède à elle-même et dans l'autre succède au trèfle, or l'orge après trèfle renferme 77^{kil},7 d'azote et l'orge après orge 43^{kil},8. L'action améliorante du trèfle est donc là bien visible[1].

J'ai continué à Grignon mon expérience sur les parcelles cultivées en sainfoin, comme il était envahi par les graminées, je l'ai détruit et remplacé par une prairie naturelle; qui a duré quatre ans et que je maintiens encore, actuellement au lieu de 1^{gr},4 ou 1^{gr},5 d'azote par kilo comme en 1879, le sol renferme 1^{gr},8 d'azote par kilo sur les parcelles qui jadis avaient été fumées et 1^{gr},6 sur celle qui est restée constamment sans engrais.

Dans cette culture du sainfoin et de la prairie sans engrais, dans laquelle par conséquent le terme E de l'équation devient nul; nous avons

$$(R + S) - (A = G).$$

La terre est en gain, elle n'est pas revenue à sa richesse primitive, mais vous voyez qu'il s'est enrichi considérablement bien qu'il ait chaque année donné du foin et un regain[2].

Quelle différence essentielle existe-t-il entre cette culture du sainfoin et de la prairie et celle des betteraves : l'une laisse la terre en repos, l'autre au contraire exige des labours, des façons multipliées, dans l'une la nitrification s'exagère, dans l'autre elle se restreint ; déjà on peut pressentir que les pertes seront plus fortes dans un cas que dans l'autre; mais cette notion ne suffit pas, il faut aller au delà, il faut chercher d'où vient l'enrichissement constaté.

1. *Ann. agron.*, t. IX, p. 17.
2. *Ann. agron.*, t. XII, p. 17.

que ceux qui ont pour but d'utiliser les eaux, de créer des irrigations; sans doute dans un grand nombre de cas ces travaux exigent l'intervention de l'État qui est toujours lent à se mettre en route; mais dans bien des cas particuliers, les cultivateurs eux-mêmes peuvent utiliser les eaux qu'ils ont à leur disposition; je me rappelle qu'il y a quelques années, j'ai visité un établissement de l'État en Algérie, le directeur se plaignait amèrement de ne pouvoir obtenir de subventions spéciales pour irriguer son domaine; ce directeur fut changé, un autre arriva, il demanda des fonds, ne les obtint pas, mais au lieu de se croiser les bras et de déplorer l'indifférence des pouvoirs publics, il se mit résolument à l'œuvre, et avec les ressources dont il disposait, fit quelques travaux, ils réussirent, il en fit d'autres qui réussirent également et bientôt il fut payé de ses peines par l'abondance des récoltes.

Je crois, Messieurs, qu'il ne faut jamais oublier le mot de fabuliste:

Aide-toi, le ciel t'aidera.

Je ne veux pas terminer, Messieurs, ce rapide entretien sans vous remercier encore une fois de l'honneur que vous m'avez fait en me chargeant d'une des conférences que vous demandez chaque année à un des amis de l'agriculture, et si, dans l'avenir, il est d'autres sujets qui vous préoccupent et que vous supposiez de ma compétence, je reste entièrement à votre disposition.

Les professeurs départementaux d'agriculture présents à Paris avaient répondu à l'appel de leur bureau composé de MM. Franc (du Cher), président et de M. Magnien, secrétaire (Côte-d'Or). Nous avons remarqué dans l'assistance, MM. Arnault (Loire-Inférieure), Olive (Finistère), Duplessis (Loiret), Jouffroy (Allier), Cazeaux (Seine-et-Marne), Dugué (Indre-et-Loire), Chauzit (Gard), Vauchez (Vendée), Girard-Col (Puy-de-Dôme), Langlais (Orne), Raquet (Somme) Fievet (Ardennes), Leizour (Mayenne), de l'Ecluse (Lot-et-Garonne), Dubreuilh (Tarn-et-Garonne), Dupont (Aube), Garola (Eure-et-Loir), Lecq (Alger), Philippe (Seine-Inférieure), Prudhomme (Meuse), Reclus (Haute-Vienne), Rozeray (Manche), Rivière (Seine-et-Oise), Tanviray (Loir-et-Cher), Tord (Charente-Inférieure), auxquels s'étaient joints quelques agriculteurs et publicistes et notamment M. Maigret, ancien élève de Grignon; M. Sagnier, directeur du *Journal de l'Agriculture*, et M. Mir, ancien député de l'Aude, dont les travaux récents sur diverses variétés de blé et sur les prix des engrais ont été justement appréciés.

PRÉSENCE DE L'ALCOOL MÉTHYLIQUE
DANS LES
PRODUITS DE LA DISTILLATION DES PLANTES VERTES

PAR

M. MAQUENNE

Docteur ès sciences. Aide-naturaliste au Muséum d'histoire naturelle.

Toutes les fois qu'on distille une plante fraîche avec de l'eau, dans un appareil muni d'un réfrigérant à reflux, on voit apparaître, au point où les vapeurs se condensent, des stries d'apparence huileuse toutes semblables à celles qui se produisent pendant la distillation d'un liquide alcoolique. On sait que ces stries indiquent la présence, dans une distillation quelconque, de plusieurs liquides inégalement volatils : c'est même un caractère d'une sensibilité excessive, et on observe déjà nettement ces stries lorsqu'on distille de l'eau à laquelle on a ajouté seulement quelques gouttes d'alcool par litre.

La vapeur d'eau entraîne donc, pendant la distillation des plantes, quelque autre vapeur provenant sans doute d'un liquide miscible à l'eau, car, à moins que l'on n'opère sur une espèce riche en essences, les stries disparaissent en retombant dans l'eau qui se condense sans laisser cette petite gouttelette perlée caractéristique des liquides volatils insolubles. J'ai cherché à déterminer la nature de ce produit, et j'y ai réussi en concentrant, par une suite de distillations fractionnées, le liquide fourni par une quantité suffisante de feuilles. L'expérience a été faite sur le fusain du Japon, le maïs, l'herbe des pelouses du Jardin des Plantes, les orties et le lierre, en opérant de la manière suivante :

Les feuilles ont été distillées, par parties de 15 à 20 kilogrammes, dans un grand alambic en cuivre contenant environ 50 litres d'eau. On a recueilli chaque fois 10 à 12 litres de liquide, qui était immédiatement rectifié à l'aide du serpentin ascendant de M. Schlœsing, en recueillant le dixième environ du volume primitif; les produits obtenus étaient rectifiés encore deux fois dans le même appareil, de manière à réunir tous les principes volatils dans un

volume de 5 à 6 cc.; en sursaturant ce liquide de carbonate de potasse, on déterminait sa séparation en deux couches superposées; la couche supérieure était alors décantée et distillée dans un très petit appareil, d'abord avec un léger excès d'acide phosphorique pour retenir l'ammoniaque qui s'y rencontre toujours, puis sur de la chaux vive en poudre, en notant la température d'ébullition du liquide. On a toujours obtenu ainsi un produit incolore, plus léger que l'eau, doué d'une odeur aromatique due à une trace d'huile essentielle, combustible et brûlant avec une flamme bleue non éclairante. Le point d'ébullition varie de 65 à 76° en moyenne.

Ces quelques propriétés caractérisent déjà assez nettement l'alcool méthylique; on a voulu la déterminer d'une manière plus sûre encore en l'éthérifiant par l'iode et le phosphore; après vingt-quatre heures de contact sur ces deux réactifs, on distillait de nouveau, et l'éther, décanté de l'eau qui avait distillé en même temps, était une dernière fois rectifié au thermomètre sur le chlorure de calcium. L'iodure ainsi obtenu passait de 43 à 45° en moyenne et titrait 88 à 89 p. 100 d'iode. L'iodure de méthyle pur bout à 43° et dose 89,4 p. 100 d'iode; par conséquent l'alcool qui a été extrait des plantes est bien, comme on pouvait le supposer, de l'alcool méthylique. D'ailleurs voici les résultats détaillés de chaque opération.

I. *Fusain du Japon*, 15 kilogrammes. On a recueilli 2 grammes environ d'alcool passant à la distillation de 65 à 74°. L'iodure rectifié bouillait régulièrement à 43-44°; on y a trouvé 88,8 p. 100 d'iode (matière $0^{gr},348$; iodure d'argent $0^{gr},572$).

II. *Herbe* des pelouses du Jardin des Plantes, 34 kilogrammes. On a obtenu 10 grammes d'alcool brut passant de 65 à 75°. L'iodure a été séparé, par rectification, en deux parties, bouillant, l'une de 43 à 47°, l'autre de 47 à 62°; la première portion dosait 88,3 p. 100 d'iode (matière $0^{gr},309$; iodure d'argent $0^{gr},505$) et était bien formée, en grande partie, d'iodure de méthyle; la seconde n'a pu être examinée faute d'une quantité suffisante de produit.

III. *Ortie*, 30 kilogrammes. Il s'est produit, pendant la distillation de cette plante, une quantité considérable de carbonate d'ammoniaque, en sorte qu'on a dû, au moment de la rectification, aciduler légèrement le liquide avec de l'acide sulfurique pour éviter l'obstruction du réfrigérant. On a recueilli une dizaine de grammes d'alcool brut, passant de 65 à 76°. L'iodure a distillé entièrement

entre 43 et 45°; il contenait 89 p. 100 d'iode (matière 0gr,342; iodure d'argent 0gr,563).

IV. *Lierre*, 35 kilogrammes. Le liquide rectifié s'est séparé de lui-même en deux couches dont la supérieure était formée par une essence odorante. Ce produit, peu abondant, puisqu'on n'en a pu recueillir que deux grammes environ, a été décanté, desséché sur le chlorure de calcium et distillé; à la combustion il a donné les résultats suivants :

	Gr.
Matière	0,656
Eau	0,673
Acide carbonique	1,973

Ces nombres conduisent à la composition centésimale d'un hydrate de térébenthène.

Carbone	82,0
Hydrogène	11,4
Oxygène	6,6

Le corps $2(C^{10}H^{16})H^2O$ exige 82,7 de carbone et 11,7 d'hydrogène; l'essence de lierre se rapproche donc, par sa composition, des essences oxygénées dont la camomille nous offre un exemple bien connu; mais il n'a pas été possible d'en obtenir une quantité suffisante pour en faire une étude plus approfondie.

Quant au liquide séparé de l'huile essentielle, il a fourni 8 grammes d'alcool, passant à la distillation de 65 à 76°. L'iodure bouillait de 43 à 45° et dosait 88,4 p. 100 d'iode (matière 0gr,348; iodure d'argent 0gr,569).

V. *Maïs*, 100 kilogrammes. La distillation, effectuée en cinq fois, a fourni environ 8 grammes d'alcool bouillant de 67 à 76°. L'iodure a dû être fractionné en deux parties, passant, l'une de 44 à 47°, l'autre de 65 à 71°. Le dosage d'iode a donné 89,1 dans la première (matière 0gr,322; iodure d'argent 0gr,531) et 82,9 dans la seconde (matière 0gr,348; iodure d'argent 0gr,534); l'iodure d'éthyle titrant 81,4 p. 100 d'iode, on avait donc un mélange d'iodure de méthyle et d'iodure d'éthyle. La présence de ce dernier éther, caractéristique de l'alcool ordinaire, nous paraît devoir être attribuée à un accident survenu pendant les distillations; il est arrivé, en effet, plusieurs fois, que le liquide a débordé de l'alambic jusque dans le serpentin, par suite d'une ébullition trop vive, et le produit dis-

tillé s'est alors trouvé contenir des matières organiques fixes qui ont subi un commencement de fermentation pendant le reste du traitement.

On remarquera aussi que le maïs n'a donné qu'une proportion très faible d'alcool; ce faible rendement tient à ce que les plantes, traitées dans le courant du mois de septembre 1885, étaient déjà entrées dans leur période de maturation; les feuilles, un peu jaunies, ne formaient plus qu'une faible fraction du poids total de chaque pied, et on a reconnu, par des essais en petit, que la tige donne à la distillation infiniment moins d'alcool que les feuilles vertes.

Il paraît donc établi que l'on obtient de l'alcool méthylique toutes les fois que l'on distille une plante fraîche avec de l'eau : on a constaté l'apparition des stries dont j'ai parlé plus haut avec les feuilles de lilas, de dahlia, de topinambour, de galium, de vernis du Japon, et l'identité de ce phénomène avec celui que l'on avait déjà observé sur le fusain ou les orties permet de supposer que ces plantes auraient aussi donné de l'alcool méthylique s'il avait été possible d'en traiter une proportion suffisante. Mais dans toutes ces expériences on avait fait usage d'eau ordinaire, qui, d'après M. Müntz[1], renferme toujours une petite quantité d'alcool éthylique; il était à craindre qu'elle ne renfermât aussi un peu d'alcool méthylique; pour le savoir, on a distillé, en trois fois, 80 litres d'eau ordinaire, en recueillant le dixième environ du volume total, puis, par une série de rectifications au serpentin de M. Schlœsing, on a réuni tous les produits les plus volatils de ce liquide en un centimètre cube seulement qui n'a donné lieu à aucune séparation par le carbonate de potasse; l'iode a fourni, conformément aux indications de M. Müntz, une cristallisation assez abondante d'iodoforme.

Il n'est peut-être pas inutile de remarquer, à ce sujet, que la production d'iodoforme est absolument indépendante de la présence de l'alcool méthylique, car, ainsi que l'a montré Lieben, cet alcool ne donne jamais d'iodoforme au contact des hypoiodites lorsqu'il est pur, et j'ai vérifié expressément cette assertion au moyen d'un alcool qui avait été préparé par la méthode de Bardy et Bordet, en saponifiant par la soude du formiate de méthyle rectifié à température fixe.

1. *Comptes rendus*, t. XCII, p. 499.

Il est donc certain que l'alcool méthylique que j'ai obtenu ne provient pas de l'eau employée, mais bien des plantes elles-mêmes. Existe-t-il tout formé dans les tissus végétaux, ou bien prend-il naissance au moment de la distillation, par l'action de la chaleur sur quelque principe immédiat complexe? il est difficile, actuellement, de répondre à une pareille question; il pourrait se faire, en effet, que la réaction pyrogénée qui s'effectue si aisément au rouge et que l'industrie utilise à la fabrication des méthyles commerciaux commençât à une température beaucoup moins élevée et qu'elle fût déjà sensible à 100°. Un moment j'ai craint que, dans le grand alambic qui servait aux distillations et qui était toujours chauffé à feu nu, les plantes ne soient en partie brûlées, carbonisées au contact de la paroi métallique; mais ayant soumis 3 kilogrammes d'orties à l'action d'un courant de vapeur d'eau, j'ai obtenu encore, dans le liquide provenant de la condensation de cette vapeur, une quantité sensible d'alcool méthylique. L'hypothèse d'une surchauffe ne peut donc être admise pour expliquer sa présence dans les essais précédemment décrits.

On pourrait supposer aussi que les végétaux renferment quelque principe immédiat inconnu, comparable, si l'on veut, à l'amygdaline, et qui se dédouble pendant la distillation en formant de l'alcool méthylique, de même que l'amygdaline donne naissance, lorsqu'on distille, par exemple, des feuilles de laurier-cerise, à de l'hydrure de benzoïle et à de l'acide cyanhydrique.

Enfin, et c'est ce qui paraît l'hypothèse la plus naturelle, on peut admettre que l'alcool méthylique existe en nature dans les plantes, et qu'il est simplement entraîné par la vapeur d'eau au moment de la distillation. Je me propose de vérifier ce fait aussitôt que la saison le permettra, soit en recueillant l'eau évaporée naturellement par les plantes, soit en distillant celles-ci à basse température dans le vide, mais il est permis de faire remarquer dès à présent que la présence de l'alcool méthylique dans les plantes, non encore reconnue sans doute à cause de sa proportion très minime, est absolument naturelle et conforme à toutes les prévisions de la théorie. En effet, on sait, depuis les admirables recherches de M. Boussingault sur l'assimilation du carbone par les plantes, que l'eau se décompose dans la cellule à chlorophylle insolée en même temps que l'acide carbonique, et que les principes immédiats végétaux se forment par une suite de réactions encore

indéterminées, qui s'accomplissent entre les deux résidus, oxyde de carbone et hydrogène, qui résultent de cette double décomposition.

Liebig a pensé que le plus simple de tous ces principes, celui qui sans doute apparaît le premier, est peut-être l'aldéhyde formique CH^2O. La facilité avec laquelle les aldéhydes se polymérisent et l'instabilité toute particulière de l'aldéhyde méthylique permettaient en effet de concevoir, théoriquement, le passage de ce premier terme aux hydrates de carbone proprement dits, comme les sucres ou la cellulose. M. Würtz a été plus loin dans cette voie : après avoir montré, par la découverte de l'aldol $CH^3 — CHOH — CH^2 — COH$, que l'aldéhyde ordinaire $CH^3 — COC^4H^8O^2H$ peut se souder régulièrement à elle-même et changer sa fonction aldéhydique en une fonction d'alcool secondaire, après avoir changé l'aldol lui-même en un glycol butylique $CH^3 — CHOH — CH^2 — CH^2OH$, il compare ces transformations à celles qui s'accomplissent dans les tissus d'une plante et qui, elles aussi, donnent naissance à des alcools polyatomiques[1] ; ce serait, dans ce cas, l'aldéhyde méthylique, qui, par une déshydratation interne comparable à la transformation de l'aldéhyde acétique en aldol, formerait successivement tous les hydrates de carbone, y compris le glucose, qui conserve encore dans sa molécule une fonction aldéhydique, et en passant peut-être par les aldéhydes glycolique et glycérique, ce qui expliquerait, entre autres phénomènes, la production de la glycérine, si abondante dans tous les végétaux.

Il manquait jusqu'à présent, à toutes ces hypothèses ingénieuses, la sanction de l'expérience, et on n'avait pas encore réussi à trouver dans les plantes de produits méthyliques nettement caractérisés, si ce n'est l'acide formique ou quelques éthers, le salicylate de méthyle, par exemple, dont l'origine est bien difficile à préciser. La présence de l'alcool méthylique, si voisin de l'aldéhyde primordiale d'où il dérive par hydrogénation immédiate, nous paraît être, si elle se vérifie, d'une grande importance à ce sujet, et peut-être permettra-t-elle d'éclairer un peu cette question si obscure de la nutrition végétale.

1. *Comptes rendus*, t. LXXIV, p. 1367.

DE L'INFLUENCE DES SUPERPHOSPHATES

SUR LA PRODUCTION DU SUCRE

PAR

A. NANTIER

Directeur de la Station agronomique de la Somme.

Une des questions qui ont le plus vivement préoccupé les fabricants de sucre et les cultivateurs depuis la promulgation de la loi de juillet 1884 est celle de l'emploi des meilleurs engrais pour la production de la betterave riche, qui seule, aujourd'hui, peut être cultivée avec avantage. Aussi, depuis cette époque, a-t-on vu préconiser à tour de rôle de nombreuses formules d'engrais et souvent aussi, les fabricants de sucre, désireux de s'assurer une bonne production, avancer aux cultivateurs des engrais qu'ils préparaient eux-mêmes.

Malheureusement, la composition de presque tous ces engrais est établie *a priori*, sans tenir compte de la composition du sol; de plus, persuadé que la richesse en sucre d'une betterave est proportionnelle, ou à peu près, à la quantité d'acide phosphorique distribuée au sol, on copia les formules allemandes, dans lesquelles se trouvent le plus souvent 2 ou 3 d'acide phosphorique pour 1 d'azote; on oubliait que les terres allemandes sont généralement plus pauvres en acide phosphorique que les nôtres, et que tel engrais composé, réussissant très bien de l'autre côté du Rhin, ne pouvait causer chez nous qu'une dépense inutile.

C'est ce qui est arrivé trop souvent, si bien que quelques cultivateurs peu éclairés, tombant aujourd'hui dans l'excès contraire, déclarent formellement que les superphosphates n'ont aucun effet utile dans la culture de la betterave.

Il est hors de doute que l'acide phosphorique est un des principes indispensables à la production végétale; mais pour qu'il devienne engrais, il faut qu'il remplisse une seconde condition, il faut *qu'il manque au sol*, autrement son emploi devient onéreux.

C'est pourquoi, lorsque nous avons vu les bons cultivateurs eux-mêmes employer les doses fantastiques de 1000 kilogrammes et plus de superphosphates à l'hectare, nous avons pensé qu'il serait

utile d'instituer un champ d'expériences, dans leqnel nous emploierions concurremment les engrais phosphatés et les engrais azotés, dans le but de donner une fois de plus aux agriculteurs des renseignements précis sur cette importante question.

Nous eûmes recours à la collaboration aussi intelligente que dévouée de M. Th. Meyer, cultivateur à Licourt, qui voulut bien se charger de l'exécution pratique de ces expériences.

Nous disposâmes donc 11 carrés d'essais, d'un are chacun, sur lesquels nous avons distribué les principaux engrais azotés seuls, ou associés au superphosphate. Les quantités d'engrais employées étaient telles, que chaque hectare reçût 75 kilogrammes d'azote et 75 ou 150 kilogrammes d'acide phosphorique, comme l'indique d'ailleurs le tableau suivant. Toutes les parcelles avaient reçu à l'automne une fumure de 35 000 kilogrammes de bon fumier de ferme à l'hectare ; les terres labourées profondément étaient, au moment des semailles, en très bon état, comme le sont toutes celles de l'exploitation de M. Th. Meyer.

La terre de notre champ d'expériences, analysée avant la distribution des engrais, nous avait donné par kilogramme les résultats suivants :

	Gr.
Acide phosphorique	3.40
Azote	1.70
Potasse	5.28

C'est donc une terre de bonne qualité, riche en potasse et en acide phosphorique ; de plus, elle est très profonde. Malgré sa richesse en acide phosphorique, elle répondait parfaitement à notre but, car elle représentait assez exactement la moyenne des excellentes terres de cette région du Santerre et des environs de Péronne, où l'on cultive le plus la betterave et où l'on a fait peut-être les plus grands abus d'engrais phosphatés.

La graine de betterave employée nous a été fournie par M. Meyer qui, depuis longtemps déjà, prépare une partie de ses graines et le fait avec succès, comme on pourra en juger par les résultats que nous avons obtenus.

Les semailles eurent lieu le 4 mai, et la levée se fit régulièrement ; l'arrachage a été fait le 8 novembre. Toutes les récoltes ont été pesées avec le plus grand soin et soumises à l'analyse ; les résultats obtenus sont réunies dans le tableau ci-contre.

ENGRAIS DISTRIBUÉS A L'HECTARE.	POIDS des récoltes.	POIDS moyen des betteraves.	DENSITÉ du jus.	SUCRE par décilitre de jus.	VALEUR des récoltes.	DÉPENSES d'engrais.	GAIN ou perte sur le témoin.
	kil.	kil.	deg.	gr.	fr.	fr.	fr.
Sans engrais. — Témoin..............................	37.556	0.580	6°,8	13.54	1126.68	»	»
75 kil. azote nitrique (500 kil. nitrate de soude)........	44.034	0.710	6°,7	13.65	1276.98	120.00	+ 30.30
75 kil. azote ammoniacal (357 kil. sulfate d'ammoniaque).	42.312	0.655	6°,5	18.06	1142.42	120.00	— 104.26
75 kil. azote organique (1500 kil. de tourteau)..........	35.670	0.665	6°,45	12.78	927.42	165.00	— 364.26
75 kil. azote nitrique et 75 kil. acide phosphorique soluble dans l'eau..	43.706	0.595	6°,4	13.01	1136.35	168.75	— 159.08
75 kil. azote ammoniacal et 75 kil. acide phosphorique soluble dans l'eau................................	41.820	0.455	6°,4	13.06	1087.32	168.75	— 208.11
75 kil. azote organique et 75 kil. acide phosphorique soluble dans l'eau................................	35.014	0.760	6°,5	13.38	945.37	213.75	— 395.06
75 kil. azote nitrique et 150 kil. acide phosphorique soluble dans l'eau....	45.692	0.730	6°,6	13.86	1279.37	217.50	— 64.80
75 kil. azote ammoniacal et 150 kil. acide phosphorique soluble dans l'eau................................	36.554	0.575	6°,2	13.45	877.29	217.50	— 466.89
75 kil. azote organique et 150 kil. acide phosphorique soluble dans l'eau................................	34.112	0.485	6°,6	13.75	955.03	262.50	— 434.15
Phospho-guano (75 kil. azote organique soluble dans l'eau et 75 kil. acide phosphorique soluble dans l'eau)......	46.330	0.860	6°,5	13.70	1250.91	240.00	— 115.74

Les récoltes que nous avons obtenues sont encore assez élevées malgré la longue sécheresse qui a été cette année si préjudiciable aux rendements. Cet heureux résultat n'a été obtenu, nous nous empressons de le reconnaître et de le faire remarquer, que grâce à l'excellente préparation que M. Meyer avait fait subir à ses terres et aux nombreux binages qu'il n'a pas hésité à faire continuellement.

Nous avons pris pour base de l'estimation de la valeur de ces récoltes un marché à 32 francs les 1000 kilogrammes à 7°, avec diminution ou augmentation de 1 franc par 1/10e de degré densimétrique.

La première parcelle, qui servait de témoin, a fourni une récolte de 37 554 kilogrammes avec une densité de 6°,8 et 13gr,54 de sucre par décilitre de jus, ce qui, au prix de 30 francs les 1000 kilogrammes, donne un produit de 1126 fr. 68.

En considérant les trois parcelles suivantes, qui n'ont reçu chacune que 75 kilogrammes d'azote sous l'une des formes employées par l'agriculture, on voit que la nitrate de soude a provoqué une augmentation de récolte de près de 7000 kilogrammes; le sulfate d'ammoniaque a amené un excédent de 4756 kilogrammes, enfin la récolte de la parcelle qui a reçu du tourteau est plus faible que celle du témoin. Nous devons faire observer toutefois, pour cette dernière, que le tourteau a été distribué un peu tardivement; et qu'en général cet engrais procure d'assez sérieux bénéfices s'il a été répandu assez tôt pour que la matière azotée ait eu le temps de subir les modifications nécessaires à son assimilation.

La variation de densité produite par le nitrate de soude est assez faible, puisqu'elle n'est que de 0°,1 ; mais il n'en est pas de même pour le sulfate d'ammoniaque, avec lequel la diminution atteint 0°,3, de sorte que, malgré l'excédent de récolte qu'il nous a fourni, cet engrais nous amène un déficit de 104 fr. 26. Le tourteau a également diminué la densité de 0°,3 ; mais, là encore, nous croyons que c'est le résultat de son emploi tardif qui ne lui a permis d'agir qu'aux derniers jours de la végétation.

Dans la seconde série d'essais, les parcelles ont reçu les mêmes quantités d'azote, mais il leur a été ajouté des quantités égales d'acide phosphorique soluble dans l'eau. Les effets de ce dernier sont absolument négatifs : les récoltes sont un peu inférieures aux précédentes et la densité a également diminué, excepté pour la

parcelle n° 7, où nous trouvons une faible augmentation 0°,5 pour la densité et de 60 grammes pour le sucre.

Dans la troisième série, nous avons exagéré la dose d'acide phosphorique en la portant à 150 kilogrammes par hectare, ce qui fait 2 d'acide phosphorique pour 1 d'azote, relation généralement adoptée. Ici encore l'influence de l'acide phosphorique est faible, presque nulle. La parcelle au nitrate de soude et surperphosphate fournit une récolte un peu supérieure à celle de la parcelle n°, 2 qui n'a pas reçu d'acide phosphorique; mais ce faible avantage disparaît avec le sulfate d'ammoniaque et avec le tourteau. Quand à la densité du jus, elle a encore diminué de 0°,2 et 0°,3 pour les parcelles 8 et 9; seul le tourteau a donné des betteraves d'une densité un peu plus élevée. Les différences en sucre sont très faibles, puisque dans le cas le plus avantageux elles n'atteignent pas 1 p. 100.

Enfin, sur la dernière parcelle, nous avons fait usage d'un engrais tout préparé, dans lequel l'azote et l'acide phosphorique se trouvaient sensiblement dans le rapport de 1 à 2 et dont l'azote organique était soluble dans l'eau. Cet engrais a fourni une augmentation assez forte de la récolte, mais il n'a pas encore accru sensiblement la richesse saccharine.

Si, de l'ensemble de ces faits nous voulons déduire le résultat financier obtenu, il nous faudra retrancher du produit brut, calculé d'après les bases que nous avons indiquées plus haut, la valeur de la récolte du témoin, augmentée de celle des engrais employés. En opérant ainsi, nous arrivons partout à un déficit assez élevé, excepté avec le nitrate de soude, qui nous donne un faible bénéfice.

Il résulte donc très clairement de cet essai que, dans une terre riche en acide phosphorique comme celle qui nous occupe et qu'on rencontre fréquemment dans notre département, les superphosphates n'augmentent pas plus la richesse saccharine des betteraves que leur rendement et qu'au point de vue financier l'opération se traduit par une perte.

II

Désirant avant tout éclairer les cultivateurs sur l'opportunité de l'emploi de l'acide phosphorique comme engrais, prévenir l'usage immodéré et onéreux qu'on nous a paru en faire pour la production de la betterave, mais ne prétendant nullement amoindrir les pré-

cieux avantages que son emploi rationnel peut procurer, nous avons établi, en même temps que les essais précédents, un second champ d'expériences semblable au premier, mais cette fois dans une terre relativement pauvre en acide phosphorique.

Un excellent cultivateur de Quesnoy-le-Montant, M. Chevalier, a bien voulu mettre à notre disposition une de ses terres pour ces essais.

Cette terre, très profonde, avait été fort bien préparée et au moment de la plantation avait une richesse par kilogramme de :

	gr.
Acide phosphorique	0.80
Azote	1.70
Potasse	4.23

Cinq ares furent ensemencés. Le premier servit de témoin, les trois suivants reçurent la même quantité d'acide phosphorique, mais chacun sous un état différent (soluble dans l'eau, soluble dans le citrate d'ammoniaque et insoluble); enfin, le cinquième reçut encore du phosphate minéral, mais à une dose équivalente *en argent* à la somme dépensée pour le superphosphate, comme l'indique le tableau inséré ci-dessous.

Un des résultats nous manque malheureusement, celui relatif à l'emploi du phosphate précipité.

Pour cette culture, je fis emploi d'une graine peu connue encore, mais d'excellente qualité, que je dois à l'obligeance de M. Schlickmann, d'Auleben (Saxe), graine que je n'ai pas hésité à employer, connaissant par moi-même la richesse des betteraves-mères qui l'avaient produite. Ces betteraves avaient en effet donné à l'analyse des densités de 8°,2 (1082) et 9°,3 (1093) avec des richesses en sucre de 18^{gr},19 et 19^{gr},92 par décilitre de jus.

Les semailles eurent lieu le 12 mai, la levée fut bonne et la végétation régulière, bien qu'elle eût à souffrir de la sécheresse générale qui a caractérisé cette année.

A la récolte, qui se fit tardivement, nous obtenions les résultats suivants :

ENGRAIS DISTRIBUÉS A L'HECTARE.	POIDS des récoltes.	DENSITÉ du jus.	SUCRE par décilitre de jus.	VALEUR de la récolte.	DÉPENSES d'engrais.	GAIN ou perte sur le témoin.
	kil.	deg.	gr.	fr.	fr.	fr.
Sans engrais. — Témoin...	26.400	7°,3	14.91	924.00	»	»
Superphosphate. — 75 kil. acide phosphorique soluble dans l'eau................	25.200	7°,9	15.88	1.033.20	45	+ 64.20
Phosphate naturel. — 75 kil. acide phosphorique insoluble dans l'eau...........	25.500	7°,8	15.68	1.020.00	15	+ 81.00
Phosphate naturel. — 225 kil. acide phosphorique insoluble dans l'eau. — *Même dépense*..................	26 800	7°,6	15.23	1.018.00	45	+ 49.00

Pour cette culture, le poids de nos récoltes est plus faible que dans les essais précédents, mais il faut remarquer que nous avons affaire à une betterave beaucoup plus riche, puisque sa densité ne s'abaisse pas au-dessous de 7° et atteint presque 1080.

Il est également facile de voir que nos engrais phosphatés n'ont pas eu d'influence sur le poids de la récolte, qui est sensiblement constant.

Au contraire, l'influence de l'acide phosphorique sur la richesse saccharine est ici des plus manifeste : partout nous avons pour la densité une augmentation sensible qui atteint même 0°,6 pour le superphosphate.

Il est à remarquer également que l'acide phosphorique insoluble a agi presque aussi énergiquement que le soluble dans l'eau. Avec ce dernier, la densité s'élève à 7°,9, mais avec une dose triple de phosphate minéral, c'est-à-dire pour une dépense égale à celle que nous a nécessité le superphosphate, nous obtenons les mêmes résultats; seul le poids de la récolte a subi une légère augmentation.

La richesse saccharine a subi la même influence et nous obtenons avec ces trois engrais des excédents de, 0gr,97, 0gr,77, et 32gr de sucre par décilitre.

En calculant, comme nous l'avons déjà fait, les résultats économiques de notre essai, nous arrivons à de faibles bénéfices, ce qui

provient, d'une part, de la diminution du poids de la récolte, mais aussi de la *trop faible majoration* du prix des betteraves qui *devrait être* pour ces densités de 1 fr. 50 à partir de 7° de densité. Avec ce prix on aurait alors :

	Valeur des récoltes.	Gains.
	fr.	fr.
Parcelle 1	963.60	»
— 2	1.146.60	+ 158.00
— 3	1.122.00	+ 144.00
— 4	1.198.80	+ 190.80

Néanmoins, quelle que soit l'évaluation de la valeur de la récolte, il ressort clairement de ces essais, que dans une terre relativement pauvre en acide phosphorique, les phosphates ont élevé la richesse saccharine des betteraves;

Que l'acide phosphorique insoluble a agi presque aussi énergiquement que l'acide soluble dans l'eau et que, vu son faible prix d'achat, il a fourni un gain plus élevé que celui donné par le superphosphate.

Enfin, nous pouvons ajouter que la betterave Schliekmann appartient à une excellente variété et peut êre mise au rang des meilleures variétés françaises et allemandes.

Conclusions générales.

De ces deux séries d'essais, il découle clairement ce que nous avons voulu démontrer, c'est-à-dire que :

Les engrais phosphatés *ne doivent pas être toujours et quand même être employés* pour la culture de la betterave.

Qu'ils n'augmentent pas dans tous les cas la richesse saccharine ;

Que, comme tous les autres principes fertilisants, ils ne sont avantageux qu'autant *qu'ils manquent au sol.*

Aussi, est-il toujours *indispensable*, avant d'employer ces engrais, de se rendre compte de la richesse de sa terre en acide phosphorique, soit par l'analyse qui, dans ce cas, donne des renseignements suffisamment précis, soit par un essai préalable sur une petite surface.

Dans le cas où leur emploi serait nécessaire, ne jamais exagérer les doses, de telle sorte que le prix d'achat de ces engrais vienne annuler le bénéfice produit.

Enfin, il semble que dans certains cas, l'acide phosphorique insoluble agisse aussi énergiquement sur la production végétale que

l'acide phosphorique soluble dans l'eau; mais sur ce dernier point, il est utile de renouveler les essais dans les sols les plus variés avant de se prononcer d'une matière définitive.

Déjà nous avons obtenu des résultats semblables avec l'acide phosphorique précipité en 1882 et 1883, sur différentes cultures[1], et nous continuerons à étudier cette intéressante question en variant le plus possible les conditions d'expérimentation.

SUR LA FORMATION ET LA MIGRATION

DES

HYDRATES DE CARBONE DANS LA FEUILLE[2]

PAR

M. A. F. W. SCHIMPER

(Traduit librement de l'allemand par M. J. VESQUE)

L'auteur de cet intéressant article commence par faire remarquer combien nos connaissances relatives aux transformations chimiques dont la cellule vivante est le siège sont encore incomplètes et combien les opinions généralement admises ont encore besoin d'une démonstration expérimentale. En effet, on n'a même pas encore prouvé que l'amidon développé dans les feuilles se métamorphose en glucose et voyage sous cette nouvelle forme.

Ce travail se divise en deux chapitres, dont le premier a pour objet de poursuivre jusque dans les moindres détails la migration des hydrates de carbone, et le second d'exposer quelques données nouvelles mais encore incomplètes sur l'assimilation.

I. Nous avons analysé, dans ces *Annales*, les travaux de M. Sachs[3] qui se sert, pour déceler la présence de l'amidon dans les tissus d'une feuille, d'une méthode appelée « épreuve de l'iode ». Les feuilles bouillies dans l'eau sont épuisées par l'alcool et traitées par la teinture d'iode. Cette méthode si simple rend d'excellents ser-

1. *Bulletin de la Station agronomique de la Somme* des 4e trimestres de 1882 et 1883 et du 1er trimestre 1884.

2. Ueber Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in den Laubblättern. *Bot. Zeit.*, 1885, nos 47, 48 et 49.

3. *Ann. agron.*, tome X, p. 514.

vices quand il s'agit d'observer à l'œil nu, mais elle est malheureusement insuffisante quand on veut rechercher l'amidon au microscope.

M. Schimper procède de la manière suivante. Après avoir épuisé les feuilles par l'alcool, il les place pendant douze à vingt-quatre heures dans l'hydrate de chloral iodé (8 de chloral pour 5 d'eau). Sous l'influence du chloral, les feuilles deviennent tellement transparentes qu'on peut en examiner toutes les parties avec les systèmes à immersion les plus puissants. Les grains d'amidon se gonflent beaucoup, tout en se colorant en bleu, de sorte que les plus petits d'entre eux deviennent facilement visibles.

Le produit de la dissolution de l'amidon est de la glucose. L'expérience a été faite sur l'*Impatiens parviflora*, une plante qui se prête fort bien à ces sortes de recherches et dont les feuilles sont opposées dans le jeune âge, alternes plus tard. Le 25 mai, trois feuilles ont été coupées longitudinalement à côté de la nervure médiane, de sorte que la plus grande portion restait attachée à la plante. La partie détachée a été transportée dans une chambre humide et obscure; la plante témoin a été également obscurcie. Ceci fait, on examina les feuilles opposées à celles qui avaient été ainsi traitées et on y trouva de grandes quantités d'amidon ainsi que de la glucose. Le 26 mai, à midi, on compara la moitié de feuilles attachée à la plante à celle qui avait été enlevée. Dans l'une et dans l'autre, l'amidon avait subi une forte diminution; la moitié attachée à la plante contenait à peu près la même quantité de glucose que la veille, tandis que la moitié séparée était extraordinairement riche en sucre. Le lendemain 27 mai, les mêmes essais faits sur une autre feuille donnèrent les mêmes résultats. Le 30 mai, on a étudié la troisième feuille. La moitié fixée à la plante ne renfermait plus d'amidon. On ne trouva de sucre qu'à la base de la nervure médiane.

La moitié détachée avait également perdu tout l'amidon mais elle était chargée d'une quantité considérable de sucre.

Il est curieux que la glucose accumulée dans la moitié détachée ne s'y transforme pas de nouveau en amidon. Cette transformation s'opère en effet chez un grand nombre de plantes; si elle n'a pas été observée chez l'*Impatiens*, c'est que les grains de chlorophylle des nervures, où le sucre s'amasse de préférence, ne possèdent qu'à un faible degré la propriété de déposer de l'amidon.

Les feuilles de l'Impatiens renferment un ferment diastasique. On a séparé soigneusement le parenchyme et les nervures; 1,4 grammes de chacun de ces tissus ont été écrasés avec 5^{cc} d'eau; les liquides filtrés ont été mélangés avec 3, 5^{cc} d'empois d'amidon à 1 p. 100. Au bout de vingt-quatre heures l'empois était transformé dans l'un et dans l'autre cas en un liquide complètement filtrable, ne montrant plus aucun grain d'amidon au microscope et se colorant en violet par l'eau iodée.

Il est donc infiniment probable qu'un ferment diastasique transforme l'amidon en glucose, mais nous ne savons pas si cette transformation est la dernière que subissent les hydrates de carbone; en d'autres termes si ces corps voyagent dans la plante sous la forme de glucose. Plusieurs physiologistes pensent que la glucose est incapable de traverser la membrane protoplasmique par diosmose, en s'appuyant sur ce fait que les fragments riches en glucose d'une plante vivante ne cèdent pas de sucre à l'eau dans laquelle on les plonge. Mais ce dernier phénomène n'est pas aussi simple qu'on pourrait le croire; au premier abord M. Bœhm a montré qu'il suffit de laisser flotter une feuille dépourvue d'amidon pendant quelque temps sur de l'eau sucrée pour que de l'amidon s'y développe aux dépens du sucre absorbé. La même expérience de diosmose réussit avec la glucose. Si on débarrasse une feuille d'*Impatiens* de toute sa glucose en la maintenant à l'obscurité pendant plusieurs jours et qu'on la fasse flotter ensuite sur une solution de glucose à 3 p. 100, pendant quatre heures et demie, la liqueur de Fehling décèle dans les nervures la présence d'une quantité considérable de glucose. D'un autre côté la même feuille, très riche en glucose, ne cède rien à l'eau pure. La cause de cette contradiction apparente nous échappe. Elle réside peut-être dans cette propriété spécifique de la membrane protoplasmique vivante de modifier son pouvoir osmotique selon certaines circonstances, propriété dont on est obligé d'admettre l'existence pour expliquer l'écoulement des pleurs.

Il y a cependant une autre raison qui plaide contre la migration des hydrates de carbone à l'état de glucose. Ce dernier corps se trouve, en effet, en plus grande quantité dans les nervures que dans le reste de la feuille; il y abonde même encore alors que les cellules du mésophylle n'en renferment plus de trace. Or, si la migration repose dans des phénomènes de diffusion, une telle

inégalité dans la distribution de la glucose est impossible. Il est donc probable que la glucose n'est que la dernière forme connue de ces hydrates de carbone, mais qu'il subit lui-même une transformation en un corps inconnu, diffusible, qui traverse les membranes pour reprendre la forme de glucose dans chaque cellule. Il n'en est pas moins vrai que l'apparition et la disparition de la glucose nous permettent de poursuivre la marche des hydrates de carbone au milieu des tissus.

Avant d'aborder l'étude de la migration des hydrates de carbone dans ses plus petits détails, il est indispensable d'examiner la structure anatomique de la feuille de l'*Impatiens*. La nervure médiane consiste en une couche de longues cellules pauvres en chlorophylle et en amidon et en plusieurs faisceaux libéro-ligneux confondus en un seul au sommet de la feuille et dont le côté libérien est recouvert d'une couche amylacée. Les plus fortes nervures latérales répètent la même organisation, simplifiée à proportion de leur finesse, tandis que les plus fines ramifications se réduisent à un petit nombre d'éléments ligneux et libériens entourés d'une simple assise de cellules allongées qui diffèrent moins des cellules du mésophylle quant à leur contenu chlorophyllien ou amylacé que les cellules analogues des fortes nervures. M. Schimper appelle « gaine conductrice » l'ensemble de ces cellules allongées disposées en une simple assise autour des faisceaux des fines veinules et en une couche de plusieurs assises autour des faisceaux plus importants. Partout la gaine conductrice sépare le système libéro-ligneux du mésophylle.

La feuille prise sur une plante qui végète dans des conditions normales renferme de l'amidon dont la distribution est la suivante :

Beaucoup d'amidon dans le mésophylle et dans la couche amylacée qui n'existe que dans la nervure médiane et dans les nervures latérales du premier ordre;

Un peu moins d'amidon dans les cellules de la gaine conductrice des veinules;

Beaucoup moins d'amidon dans la gaine conductrice des fortes nervures;

Un peu d'amidon dans l'épiderme inférieur;

Pas d'amidon dans les faisceaux, dans l'épiderme supérieur, dans le bord extrême et dans les dents de la feuille.

Traitée par le chloral iodé, cette feuille paraît noire par réflexion, bleu violet foncé par transparence, avec bord jaune, dents jaunes et nervures jaune sale ou jaune verdâtre. Les veinules ne sont pas reconnaissables.

Si on laisse la feuille pendant vingt-quatre heures à l'obscurité, le chloral iodé lui donne une tout autre apparence. Cette fois tout le réseau libéro-ligneux, jusque dans ses dernières ramifications, apparaît en jaune sur un fond bleu foncé. Les gaines conductrices des fines nervures, qui étaient d'abord chargées d'amidon, en sont maintenant privées; les cellules du mésophylle touchant directement à ces gaines sont dans le même cas, tandis que dans les parties plus éloignées des faisceaux, la teneur en amidon n'a guère changé.

Pour expliquer ces faits, M. Schimper part des deux principes suivants dont il démontre, d'ailleurs, l'exactitude. Chez l'*Impatiens* les nervures constituent la seule voie de transport de la glucose : la migration s'opère même presque exclusivement dans la gaine conductrice. Les grains de chlorophylle de la gaine conductrice ne possèdent qu'à un faible degré la propriété de former de l'amidon.

Au début, les hydrates de carbone de la gaine conductrice s'écoulent d'abord; les cellules mésophylliennes avoisinantes, dont le sucre non enlevé s'était jusqu'alors de nouveau transformé en amidon, se vident ensuite et ainsi de proche en proche jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'amidon (au bout de quarante-huit, soixante-douze heures).

Quant au sucre, il ne s'écoule qu'après la dissolution complète de l'amidon; il disparaît d'abord du mésophylle et des plus fines nervures; les nervures latérales se vident avant la nervure médiane et dans celle-ci le sucre chemine de haut en bas, de sorte que la base est quelquefois encore très sucrée tandis que le sommet ne réagit plus sur la liqueur de Fehling.

On voit que la glucose se meut dans la feuille absolument comme si la voie qu'il parcourt était formée, non pas de cellules closes, mais par des canaux ouverts.

L'une des expériences qui prouve que les hydrates de carbone se meuvent dans la gaine conductrice et non dans le faisceau, est trop curieuse pour que nous puissions la passer sous silence. Il est possible d'extraire les faisceaux des nervures d'une feuille de plantain sans produire une blessure importante. Le limbe d'une feuille

ainsi mutilée a été coupé suivant la longueur, de manière à supprimer toute communication du limbe avec la tige par les plus petits faisceaux. L'écoulement des produits de l'assimilation se fait dans cette feuille absolument comme dans une feuille normale. Pendant que ces changements s'opèrent, l'assise de cellules qu'on désigne sous le nom de couche amylacée conserve son amidon et ne saurait par conséquent jouer aucun rôle dans la migration des hydrates de carbone. Ce résultat est d'accord avec celui qui a été obtenu récemment par M. Heine[1].

La gaine conductrice est dotée de certaines propriétés qui la rendent particulièrement apte à remplir les fonctions dont elle est chargée. D'abord ses cellules sont fortement allongées, ensuite elles attirent les hydrates de carbone solubles avec beaucoup plus de force que les autres cellules. Ceci résulte déjà de ce fait qu'elles enlèvent le sucre aux cellules voisines. Mais M. Schimper ne se contente pas de cette constatation. Après s'être assuré que la cuticule de l'*Hydrocharis morsus-Ranæ* est également perméable sur les nervures et sur les autres parties de la feuille, il place cette plante dans un endroit obscur jusqu'à ce que les feuilles soient complètement privées d'amidon. Ensuite il fait flotter les feuilles sur une solution de sucre à 3 p. 100 en maintenant les pétioles en dehors de la solution. Au bout de vingt-quatre ou quarante-huit heures, le chloral iodé teint le système des nervures en bleu sur le fond jaune des parenchymes, image inverse de celle dont nous avons parlé plus haut et qui prouve que les gaines conductrices ont attiré et transformé le sucre avec beaucoup plus d'énergie que les cellules du mésophylle. Il est clair, d'après ces expériences, qu'une feuille est un assemblage de cellules de pouvoir osmotique très différent qui constituent, par leur réunion, un système extrêmement compliqué, mais travaillant d'une manière harmonique et dans lequel le mouvement des hydrates de carbone s'accomplit bien plus rapidement que dans nos appareils artificiels.

Il va sans dire que toutes les espèces de plantes ne se comportent pas exactement comme l'*Impatiens*. Chez beaucoup d'autres, la reprécipitation sous forme d'amidon se produit avec une énergie telle que la glucose se transforme en amidon dans chacune des cellules qu'il traverse. C'est le cas pour l'*Hydrocharis*, plante par

1. Beritche der deutsch. bot. Gesellsch., t. III, p. 189.

cela même très propre à l'étude de la migration de cellule en cellule.

Lorsqu'une feuille de cette espèce placée à l'obscurité commence à se vider, l'amidon disparaît d'abord de l'assise supérieure du mésophylle, ensuite de l'assise située au-dessous et ainsi de suite jusqu'à la zone moyenne. L'amidon se dissout dans la zone moyenne, d'abord au milieu des aréoles circonscrites par les faisceaux, la dissolution progresse vers les gaines conductrices; ces dernières se vident à leur tour, d'abord celles des plus petits faisceaux, ensuite celles des faisceaux plus forts et toujours dans la direction basipète.

M. Schimper ne pense pas que les vaisseaux laticifères puissent être considérés comme une voie naturelle pour la migration des hydrates de carbone. Les expériences qu'il a faites à ce sujet, sur des Euphorbes dont le latex renferme des bâtonnets d'amidon, ont fourni des résultats ou bien négatifs, ou bien douteux. Après douze jours de séjour à l'obscurité, le nombre, non la grosseur des grains d'amidon du latex, avait notablement diminué chez l'*Euphorbia Peplus;* les autres espèces qui avaient été obscurcies moins longtemps, jusqu'à sept jours seulement, n'ont donné que des résultats purement négatifs. De plus la migration des hydrates de carbone se fait chez ces plantes d'après les mêmes principes que chez les autres, c'est-à-dire absolument comme si les laticifères n'y étaient pas. M. Schimper nie du reste les relations anatomiques que M. Haberlandt croit avoir découvertes entre les laticifères et les cellules assimilatrices.

II. Nous avons vu que l'*Impatiens* et l'*Hydrocharis* se comportent très différemment, quant à la facilité avec laquelle la glucose est temporairement reprécipitée à l'état d'amidon. La quantité de glucose qu'on trouve dans les parties est inversement proportionnelle à celle de l'amidon. Or, il y a des plantes qui ne renferment pas d'amidon du tout et il s'agit de rechercher quelle est la cause de ces différences. Il était d'abord tout indiqué de l'attribuer à l'abondance du ferment diastasique.

M. Schimper a fait à ce sujet une série de recherches sur des plantes convenablement choisies, parmi lesquelles nous citerons:

Hydrocharis, beaucoup d'amidon, et peu de glucose;

Impatiens, amidon et glucose;

Iris, peu d'amidon;

Allium Cepa, pas d'amidon.

L'expérience a montré qu'il n'y a aucune relation entre les quantités relatives d'amidon et de glucose et l'abondance du ferments diastasique. Il est même impossible que la glucose de l'oignon et de l'*Euphorbia helioscopia*, provienne de la dissolution de l'amidon, parce que ces feuilles ne renferment qu'un ferment extrêmement faible, tandis qu'il n'est pas rare de trouver un ferment très actif dans des feuilles riches en amidon.

M. Bœhm[1] a montré qu'un certain nombre de végétaux (*Galanthus*, *Ornithogalum*, *Hyacinthus*) qui, à l'état normal, ne renferment pas d'amidon, en forment au contraire beaucoup, lorsqu'on les couche sur une solution de sucre à 20 p. 100, et n'en forment pas lorsque la solution sucrée est diluée. M. Schimper a trouvé dans ces mêmes plantes de grandes quantités de glucose et il ne doute pas que cet hydrate de carbone soluble n'y remplace l'amidon comme produit de l'assimilation. Les expériences de M. Bœhm semblent prouver que les grains de chlorophylle de ces plantes ne forment de l'amidon que lorsque la concentration de la solution de glucose qui les entoure dépasse un certain maximum.

Le genre *Euphorbia* présente tous les intermédiaires entre ce cas où dans les circonstances habituelles, il ne se forme que de la glucose, et cet autre cas où l'amidon s'accumule en quantités considérables. Cette diversité des fonctions, constatée dans le même genre, nous place devant le dilemme suivant :

1. Pendant la même phase du travail de l'assimilation, il se forme tantôt de la glucose, tantôt de l'amidon suivant qu'on s'adresse à telle ou telle espèce de ce même genre, ou même à telle ou telle cellule de la même plante ;

2. Il se produit partout d'abord de la glucose qui, selon les circonstances, se transforme ensuite plus ou moins complètement en amidon. Dans ce cas, la différence entre les espèces consisterait uniquement en ce que chez les unes, les grains de chlorophylle fabriquent de l'amidon dans une solution faible de glucose, tandis que les autres ne font le même travail que dans une solution plus concentrée.

C'est évidemment la seconde alternative qui fournit l'explication

1. Ueber Stärkebildung aus Zucker, *Bot. Zeit*, 1883. – *Annales agronom.* t. IX, p. 182.

la plus naturelle des faits; mais elle nous oblige à admettre que chez les Euphorbes, comme chez les Liliacées, les Orchidées et chez l'Iris, l'apparition de la glucose précède celle de l'amidon dans le travail de l'assimilation.

M. Schimper conclut de ces recherches qui, on le voit, ont porté sur des végétaux très différents: 1° que la formation de la glucose précède toujours celle de l'amidon; 2° que l'amidon formé pendant l'assimilation provient de la glucose; 3° mais que l'amidon ne se développe dans les plastides que lorsque la solution de glucose contenue dans la cellule dépasse un certain degré de concentration, degré de concentration qui varie d'une espèce à l'autre, de sorte que certaines plantes ne forment jamais d'amidon dans les conditions normales, tandis que d'autres, dont les plastides sont moins exigeants, en forment en abondance alors que la solution de glucose est relativement faible.

Dans une note publiée en 1884[1] dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* et dont un extrait a paru dans ce recueil[2], M. Léon Brasse a constaté la présence d'une diastase analogue à celle du malt dans toutes les feuilles qu'il a eu l'occasion d'examiner et spécialement dans celles de pomme de terre, dahlia, topinambour, ricin, tabac.

Cette diastase a été extraite des feuilles par le procédé Dubrunfaut. Elle agissait sur l'empois d'amidon de la même manière et dans les mêmes conditions que la diastase du malt. Nous publierons dans un prochain numéro un extrait du mémoire de M. Brasse plus complet que celui que nous avons inséré l'an dernier.

BIBLIOGRAPHIE

Traité de la vigne et de ses produits, par MM. L. Portes et F. Ruyssen. — Tome I[er]; grand in-8 de 700 pages, avec figures dans le texte; préface de M. Chatin, membre de l'institut (Octave Doin, éditeur). — La grandeur, la puissance d'un peuple dépendent à coup sûr des institutions qui le régissent, mais la durée de cette puissance est liée surtout à la prospérité agricole. Si une contrée est stérilisée par une culture vicieuse, la population diminue peu à peu et finit par disparaître; si même quelques-unes des cultures principales périclitent, la prospérité est atteinte.

Si la France perdait la vigne, si les insectes, les parasites végétaux avaient raison de notre précieux arbuste, elle serait profondément amoindrie; qui sait même si le caractère national, si ce mélange de bon sens, de folie, d'enthousiasme, de scepticisme railleur, d'héroïsme tenace et de funeste abandon qui

1. Tome XCIX, p. 878.
2. *Ann. agr.*, t. XI, p. 138.

nous ont fait ce que nous sommes, ne serait pas profondément modifié si nous devenions buveurs de bière.

Ceux qui estiment que le caractère national ne peut que gagner à changer envisageront peut-être d'un œil tranquille les ravages du phylloxera; ceux qui, au contraire, jugent qu'à tout prendre la vieille France a plus de qualités que de défauts, et qui l'aiment telle qu'elle leur apparaît à travers les siècles, salueront avec joie les rapports consolants du directeur de l'agriculture qui nous apprennent que le travail de reconstitution des vignes est assez avancé pour que le département de l'Hérault ait presque retrouvé sa prospérité subitement évanouie.

MM. Portes et Ruyssen réservent pour un second volume l'histoire de cette lutte héroïque qui fait le plus grand honneur aux vignerons français; aujourd'hui, dans le volume qu'ils viennent de publier, ils ont abordé seulement l'histoire de la vigne depuis les temps géologiques, c'est leur premier chapitre; une ampélographie générale forme le second; les facteurs du vin forment le troisième et dernier.

Les précurseurs de la vigne, la vigne aux temps géologiques, la vigne selon l'histoire, telles sont les divisions du premier chapitre, qui présente le plus vif intérêt. MM. Portes et Ruyssen ont fouillé dans les textes, dépouillé un nombre respectable de volumes, et fournissent à leurs lecteurs des notions très instructives; ils seront étonnés notamment de constater que, pendant tout le moyen âge, la vigne était cultivée dans toute la France septentrionale, d'où elle a peu à peu disparu. Aux XI[e] et XII[e] siècles, il existait des vignes en Normandie, en Picardie, jusqu'aux environs d'Abbeville et même sous le ciel brumeux et humide de la Bretagne; les transports étaient difficiles, chacun s'efforçait de produire tout ce qui était nécessaire à sa consommation, et buvait faute de mieux les vins âpres et raides que peuvent produire des vignes placées sous un climat qui leur convient mal.

Dès le VI[e] siècle, Grégoire de Tours nous informe qu'à l'occident de Dijon, sont « des montagnes très fertiles, couvertes de vignes, qui fournissent aux habitants des vins aussi nobles que le Falerne ». La réputation des grands vins de Bourgogne s'est ainsi conservée à travers les âges, et a été établie bien avant celle des vins du Bordelais, qui, pendant longtemps, s'écoulèrent presque entièrement en Angleterre; ce fut seulement au XVII[e] siècle, puis au XVIII[e], qu'ils acquirent le renom qu'ils possèdent aujourd'hui.

Ce n'est pas seulement l'histoire de la vigne en France qu'ont écrit les auteurs, ils la suivent au contraire dans l'Europe tout entière, en Asie, en Amérique, en Australie et dans notre Algérie, qui, en 1883, a déjà produit 833,000 hectolitres de vin, ce qui donnerait une moyenne de 20 hectolitres à l'hectare, sur lesquels un dixième seulement est importé en France.

Le second chapitre du *Traité de la vigne* renferme une description soignée des innombrables variétés de vigne; il sera particulièrement précieux pour les planteurs désireux de connaître les caractères, les qualités et les défauts des divers cépages.

Dans le chapitre III, les auteurs, étudiant les facteurs du vin, parlent successivement du climat, des cépages, des terrains, des engrais et enfin de l'exposition qui exerce sur la qualité du vin une influence si marquée. A propos des

engrais, les auteurs exposent en note les doctrines nouvelles puisées aux sources les plus autorisées, de telle sorte que le lecteur aura, non seulement sous les yeux les notions nécessaires à la culture spéciale de la vigne, mais encore l'ensemble de nos connaissances sur ce vaste sujet.

En résumé, les auteurs ont élevé à la vigne un véritable monument, et dans l'avenir, quand on voudra savoir où en était notre culture nationale en ce temps de phylloxera, d'antrathnose et de mildew, on devra consulter le *Traité de la vigne* de MM. Portes et Ruyssen.

Le Black Rot, par MM. P. Viala et Ravay. — Une brochure de 62 pages avec 4 planches. Montpellier (*Le Progrès agricole*, 1886).

Les Américains distinguent sous le nom de *Rot* toutes les maladies qui atteignent les raisins; le *Common Rot*, ou rot commun, est le mildew, le *Black Rot* ou rot noir est le *Phoma uvicola*. MM. Viala et Ravay l'ont découvert récemment sur le domaine de Val-Marie, près de Ganges (Hérault); jusqu'ici il était inconnu en France et ne paraît pas s'y être propagé cette année, car malgré des recherches attentives, MM. Viala et Ravay n'ont pu le trouver dans aucune autre localité que celle de Ganges et l'administration de l'agriculture ayant ordonné la destruction radicale du foyer de la nouvelle maladie, il est à espérer que nos vignobles seront préservés des atteintes de ce nouveau parasite.

L'étude à laquelle se sont livrés les auteurs est très intéressante; ils ont donné d'excellentes figures coloriées des raisins atteints du *black rot ;* ils ont figuré le champignon à ses divers états de développement et comparé les échantillons frais que leur a procurés la vigne de Ganges avec des spécimens qu'ils ont pu se procurer dans divers herbiers. On peut donc considérer l'attribution qu'ils ont faite comme exacte et souhaiter que d'ici à longtemps on n'ait pas de nouvelles occasions de poursuivre sur le vivant ces intéressants travaux.

CORRESPONDANCE

A Monsieur le Rédacteur en chef des *Annales agronomiques*.

Monsieur,

Dans le court exposé qui précède mon étude sur la réduction du sulfate de chaux, je n'ai pas parlé des intéressants travaux de MM. Gayon et Dupetit sur la réduction des nitrates dans les eaux d'égoût, et M. Gayon m'écrit pour me rappeler les expériences qu'il a exécutées à ce sujet.

Si je n'ai pas cité les travaux de MM. Gayon et Dupetit, mais bien ceux que vous avez publiés avec la collaboration de M. Maquenne, c'est que les microbes qui me paraissent en jeu dans la réduction du sulfate de chaux sont ceux que vous avez découverts dans la terre arable et non ceux qui ont été décrits par MM. Gayon et Dupetit. Nous sommes bien loin au reste de méconnaître à Grignon l'intérêt qui s'attache aux travaux de MM. Gayon et Dupetit, et notamment à leurs expériences sur la fermentation dufumier en présence ou à l'a-

bri de l'air ; il n'est pas un de nos élèves qui ne les ait présentes à la mémoire.

Les lecteurs des *Annales agronomiques* connaissent d'ailleurs les chimistes de Bordeaux par les citations qui en ont été faites à diverses reprises dans ce recueil[1], aussi nous bornerons-nous à reproduire ici les indications bibliographiques que M. Gayon a bien voulu nous adresser[2]. Agréez, etc.

QUANTIN

Répétiteur à l'École de Grignon.

REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Physiologie végétale.

Nouvelles recherches sur les micorrhizes des arbres et du « Monotropa Hypopitys », par M. B. FRANK[3]. — Les lecteurs des *Annales agronomiques* se souviennent d'un travail fort intéressant du même auteur sur la symbiose des racines de certains arbres et de champignons souterrains dont nous avons publié un résumé dans ce recueil[4]. Il paraît, d'après des remarques de MM. Woronin, de Bary et Rees, que ces observations ne sont pas nouvelles en principe, mais que M. Frank a pourtant le mérite de les avoir groupées de manière à former un tout homogène. Déjà M. Janczewski avait signalé les relations symbiotiques entre les mycélium de champignons et les racines de certains arbres et des faits analogues étaient connus depuis longtemps pour les Orchidées. De plus, M. Kaminski a formulé les relations réciproques entre champignons et racines pour le *Monotropa Hypopitys*.

M. Frank a continué ses recherches et communique les nouveaux résultats au congrès des naturalistes et des médecins allemands.

1. La mycorrhize indique une relation symbiotique que peut-être tous les arbres peuvent présenter dans certaines circonstances. On l'a trouvée non seulement chez les Cupulifères, où elle est presque constante, mais encore chez les Abiétinées (Pin sylvestre, Pin de Weymouth, Sapin, Epicéa, Mélèze) et chez les Salicinées, ainsi qu'il a été dit dans le premier article. Elle a été rencontrée depuis chez le Bouleau et l'Aune et même chez le Tilleul et le Prunellier.

1. *Annales agronomiques*, année 1883, p. 28, et année 1884, p. 385.

2. *Mémoires de la société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, juillet 1882, t. V.

Comptes rendus de l'Académie, t. 98.

Duclaux, *Chimie biologique*.

3. *Neue Mittheilungen über die Mycorrhiza*, 58. *Versamml. deutscher Naturforscher und Aerzte*. — Bot. Centralbl., t. XXIV, p. 154.

4. *Annales agronomiques*, t. XI, p. 423. On se rappelle que cette symbiose consiste en ce que les racines nourrissent le champignon qui, en échange facilite l'absorption de l'eau et des matière nutritives du sol. Pour les autres mots spéciaux, se reporter à l'article précédent.

2. La mycorrhize ne se développe que dans un sol riche en humus ou en débris de plantes non décomposées. Son abondance croît et décroît avec la quantité de ces matières. La constance des mycorrhizes chez les Cupulifères provient précisément de ce que ces arbres ne viennent bien, naturellement ou à l'état cultivé, que dans un sol riche en matières organiques. La même racine peut porter des mycorrhizes ou des radicelles normales suivant la constitution des couches du sol qu'elle traverse.

3. La mycorrhize fournit à l'arbre, outre de l'eau et des matières minérales, les substances organiques puisées directement dans l'humus ou dans les débris végétaux en voie de décomposition. Sans l'intervention du champignon, l'arbre serait incapable d'utiliser cette dernière source d'aliments.

4. La découverte de ces organes symbiotiques a ressuscité l'ancienne théorie de l'humus, mais sous une forme imprévue.

5. L'importance de l'humus et des feuilles mortes dans la nutrition des arbres forestiers repose sur un nouveau fondement théorique.

6. Quand il s'agit de plantes à chlorophylle, la nutrition par les mycorrhizes est avantageuse, mais non indispensable. On comprend dès lors les services que les racines recouvertes d'un feutre mycélien rendent aux végétaux phanérogames dépourvus de chlorophylle, tels que le *Monotropa Hypopitys*, et qui ne peuvent puiser leurs aliments que dans l'humus, puisqu'elles sont incapables de décomposer l'acide carbonique de l'air.

VESQUE.

Sur la présence de la glutamine dans la betterave à sucre et sur ses propriétés optiques, par MM. E. SCHULZE et E. BOSSHARD[1]. — Après avoir montré que la glutamine $C^5H^{10}Az^2O^3$ peut être précipitée dans le jus de betteraves ordinaires par le nitrate de mercure, MM. Schulze et Bosshard ont réussi à isoler, dans le jus de la betterave à sucre, un corps qui possède toutes les propriétés de la glutamine et qui donne, en se décomposant, de l'acide glutaminique. On a pu obtenir environ 1 gramme de glutamine par litre de jus de betterave. Il est à présumer que la quantité totale contenue dans le jus est bien plus considérable, eu égard aux pertes subies pendant les manipulations; si l'on calcule cette quantité d'après la quantité d'ammoniaque qui se développe dans le jus de betterave chauffé avec de l'acide chlorhydrique, on trouve une quantité maximum de glutamine de 5gr,96 par litre de jus. Comme, dans un dosage polarimétrique du sucre dans le jus de betterave, les substances qui agissent sur la lumière peuvent fausser le résultat, il fallait constater quel était, sous ce rapport, l'action de la glutamine. Cette action paraît être nulle si la glutamine se trouve en dissolution aqueuse, mais elle se manifeste après que la solution a été additionnée d'un acide. C'est ainsi qu'une solution de 20 centimètres cubes, contenant 1 gramme de glutamine et 0gr,09 d'acide sulfurique, fit dévier la lumière de 3 degrés à droite, et qu'une autre solution qui contenait, dans 15 centimètres cubes, 0gr,75 de glutamine et 0gr,5034 d'acide sulfurique, fit tourner, à 17°,5 C. la lumière de 8 degrés à droite.

1. *Landwirthsch.-Versuchsst.*, t. XXXII, Heft 2, p. 129, 1885.

Ces déterminations manquent d'exactitude, car les préparations n'étaient pas absolument pures et de plus la glutamine, à froid déjà, est modifiée par des acides forts.

Le jus de betterave étant acide par suite de la présence d'acide oxalique et d'autres acides organiques, il se pourrait que, en présence de ces acides, la glutamine contenue dans le jus fît dévier le plan de polarisation; il est cependant probable que l'erreur commise, dans ce cas, pour l'évaluation du sucre n'est que minime et ne dépasse pas quelques dixièmes de degrés de l'échelle polarimétrique.

L'erreur serait plus grande si la glutamine était en totalité combinée à l'acide oxalique, ce qui n'est pas probable, du moins à en juger par la façon d'être de l'asparagine, qui existe, à l'état libre dans le jus des plantes, car elle peut être obtenue directement par cristallisation. (A l'encontre de M. Dubrunfaut, MM. Schulze et Bosshard n'ont pas encore trouvé l'asparagine dans le jus des betteraves, mais seulement de la glutamine.)

Rappelant finalement une observation de M. E. von Lippmann, qui avait signalé la présence de la leucine et de la tyrosine dans les mélasses de betteraves à sucre, les auteurs croient que ces deux substances sont également contenues dans le jus de betterave et doivent leur origine tantôt à la glutamine, et tantôt à l'asparagine.

De l'action de la chlorophylle sur l'acide carbonique en dehors de la cellule végétale, par M. P. Regnard[1]. — On admet habituellement que la chlorophylle séparée de la cellule végétale n'exerce plus son action réductrice sur l'acide carbonique. L'auteur pense que cette opinion n'a été admise que parce qu'on n'avait pas à sa disposition de méthode assez sensible pour apprécier des traces d'oxygène.

En employant une solution de bleu Coupier, décolorée par l'hydrosulfite de soude bien neutre, réactif qui bleuit sous l'influence d'une trace d'oxygène; M. Regnard réussit à combattre l'opinion généralement admise.

1° Il broie dans un mortier d'agate des feuilles tendres de laitue avec de la poudre d'émail, il ajoute de l'eau et il filtre; le liquide verdâtre contient de nombreux corps chlorophylliens, des fragments déchirés de cellules; mais pas une cellule intacte ne traverse le papier.

Ce filtrat est divisé en deux parts : l'une est mise avec du bleu Coupier décoloré, dans un flacon à robinet exactement rempli et renversé sur le mercure puis exposé au soleil. L'autre, mise avec le même bleu décoloré et dans un récipient identique est laissé à l'obscurité.

En deux heures, la chlorophylle insolée a dégagé assez d'oxygène pour que la solution soit devenue d'un bleu intense. Dix jours après l'expérience, la solution laissée dans l'obscurité était encore incolore.

En outre l'auteur fait une solution de chlorophylle dans l'éther ou l'alcool, puis il trempe dans la solution des lamelles de cellulose pures, qui sont desséchées rapidement dans le vide et à froid[2]. On fait aussi de véritables feuilles

1. *Comptes rendus*, t. CI, p. 1293.

2. Cette dessiccation doit être bien complète, si l'on se sert d'éther; car ce liquide en agissant sur l'hydrosulfite pourrait faire virer le bleu Coupier et le recolorer même dans l'obscurité.

artificielles, vertes, mais sans cellules et sans protoplasma blanc; ces feuilles bien desséchées sont mises dans le bleu décoloré, puis exposées au soleil, elles dégagent alors assez d'oxygène pour recolorer ce bleu en deux ou trois heures. L'échantillon témoin laissé dans l'obscurité demeure tout à fait incolore.

L'auteur termine la note par les conclusions suivantes :

1° Les corps chlorophylliens séparés de la cellule continuent à décomposer l'acide carbonique ;

2° La chlorophylle séparée du protoplasma agit aussi mais avec une intensité très faible.

Études sur la chlorophylle, par M. VICTOR JODIN [1]. — L'auteur, dont les lecteurs des *Annales* connaissent les importants travaux, rappelle à propos de la note précédente quelques expériences exécutées depuis longtemps déjà, dans lesquelles il a vu la chlorophylle séparée de la cellule, non pas décomposer de l'acide carbonique, mais au contraire, et, même sous l'influence de la lumière, fixer de l'oxygène et émettre de l'acide carbonique.

L'auteur rappelle qu'une feuille perd par une simple dessiccation, la propriété de décomposer l'acide carbonique et que quand bien même, on lui rend son eau de constitution en la plongeant dans un bain, on ne lui restitue pas la propriété de décomposer l'acide carbonique. Il rappelle en outre que le séjour d'une feuille dans un gaz inerte qui a pour effet de tuer la feuille par asphyxie, suffit à lui enlever encore la propriété réductrice ; j'ai eu l'occasion également, et il y a fort longtemps, d'observer le même fait sur des plantes aquatiques restées privées de lumière pendant quelques jours [2] : placées dans un flacon renfermant de l'eau légèrement chargées d'acide carbonique et exposées à la lumière elles n'ont plus dégagé d'oxygène.

Ces expériences toutefois ne sont pas absolument décisives, en effet, M. Jodin ajoute très sagement : « De ce qu'une feuille desséchée ou asphyxiée cessait d'émettre l'oxygène à la lumière, pouvait-on conclure rigoureusement à l'abolition complète de la fonction chlorophylienne. Un doute était encore permis. La feuille asphyxiée ou la feuille desséchée respire encore un certain temps, c'est-à-dire conserve la faculté d'absorber l'oxygène en émettant de l'acide carbonique. Il suffisait donc que dans ces feuilles, la fonction chlorophyllienne fut seulement affaiblie au-dessous d'une certaine limite, pour qu'il devint impossible d'en constater l'existence. Jusqu'à présent nous ne pouvons en effet, reconnaître expérimentalement la fonction chlorophyllienne qu'autant qu'elle est assez puissante pour émettre plus d'oxygène que n'en consomme dans le même temps la respiration proprement dite. Il était donc nécessaire de supprimer la respiration de la feuille si l'on voulait constater qu'il ne subsistait plus aucune trace de fonction chlorophyllienne.

» J'ai réalisé cette condition de plusieurs manières ; je me borne à en rappeler une : j'introduisis des feuilles de graminées dans des tubes scellés et je les chauffai au bain-marie, de façon à tuer les feuilles. Ainsi préparées j'en conser-

1. *Comptes rendus*, t. CII, p. 264.
2. *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. II, p. 136, 1864.

de graines préalablement gonflées présentent souvent une coloration pâle et restent en retard sur les autres.

Ces considérations ont amené l'auteur à imaginer un autre procédé que nous allons décrire succinctement pour y rattacher ensuite les résultats obtenus.

En principe il cherche à donner aux semences non seulement de l'eau mais encore des matières nutritives. Pour cela il fait macérer pendant quarante-huit heures les glomérules dans du purin auquel on avait ajouté 10 de nitrate de potasse pour 100 de semences. Les semences ont été ensuite étalées en couches minces : elles peuvent se conserver ainsi, sans inconvénient pendant cinq jours; enfin on les a enveloppées dans différents engrais pour les semer le 19 mai à une profondeur uniforme.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant.

SEMIS LE 19 MAI.	23.	24.	25.	26.	27.	PLANTES fournies par 100 glomérules.
1. Semences sèches sans préparation.	—	—	3	1	52	260
2. Gonflées, enveloppées de chaux....	—	—	15	38	46	230
3. Gonflées, enveloppées d'écumes de défécation....................	—	2	23	34	45	225
4. Gonflées, enveloppées de cendres de bois	—	2	19	41	49	245
5. Gonflées, enveloppées de farine d'os.	—	5	27	39	51	255
6. Simplement gonflées.............	1	6	24	46	56	280
7. Enveloppées de charbon de bois en poussière.......................	2	7	31	48	57	28 5

Il est donc infiniment probable qu'il y a tout avantage à donner aux semences à la fois de l'eau et des matières nutritives.

Ajoutons que les semences une fois gonflées, ont été recouvertes par les engrais employés, puis retournées à la pelle, ce mode de pralinage facilite beaucoup le travail du semoir.

Le Gérant: G. MASSON.

BOURLOTON. — Imprimeries réunies, B.

RECHERCHES

SUR LA

RESPIRATION DES FEUILLES A L'OBSCURITÉ

PAR MM.

P.-P. DEHÉRAIN
Professeur au Muséum d'histoire naturelle

ET

L. MAQUENNE
Aide-naturaliste au Muséum d'histoire naturelle.

Les échanges gazeux qui se produisent entre la plante et l'atmosphère sont la résultante de deux effets opposés : le phénomène d'assimilation, c'est-à-dire la décomposition de l'acide carbonique aérien par la cellule à chlorophylle exposée au soleil, et le phénomène de respiration, qui s'accomplit sans cesse, aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité, et par suite duquel les plantes, de quelque nature qu'elles soient, transforment, comme les animaux, l'oxygène de l'air en acide carbonique.

La première de ces deux fonctions a été étudiée par M. Boussingault, et ses travaux à ce sujet contrastent par leur clarté et leur précision avec les incertitudes qui règnent encore sur une grande partie de la physiologie végétale. Il y a là un premier point acquis, et sans rappeler ici les résultats de recherches devenues classiques, nous les admettrons sans réserves, avec tous les physiologistes, comme établis sur des bases inébranlables.

L'étude de la fonction de respiration, tout aussi intéressante pourtant que celle de la fonction chlorophyllienne, n'a été entreprise que beaucoup plus récemment, et était encore peu avancée, lorsque, il y a plus de dix ans, l'un de nous publia dans les *Annales des Sciences naturelles*[1], avec la collaboration de M. Moissan, un premier mémoire sur ce sujet.

Dans ce travail, qui n'avait aucune prétention à l'exactitude rigoureuse qu'on est en droit d'exiger aujourd'hui des recherches analogues, les auteurs cherchaient surtout à se faire une idée de l'énergie avec laquelle s'effectue la respiration des feuilles, et ils

1. 5e série, t. XIX, 1874.

l'atmosphère pendant le jour, les belles et nombreuses expériences de M. Boussingault m'apprennent que le résultat apparent du travail simultané de la respiration et de la fonction chlorophyllienne est une décomposition de l'acide carbonique en carbone fixé et oxygène rejeté.

» Si je considère ensuite les rapports avec l'atmosphère des parties non vertes pendant le jour, ou de toutes les parties, vertes ou non, pendant l'obscurité, je me trouve en présence des phénomènes de la respiration. Là encore intervient le rapport $\frac{CO^2}{O}$.

» Ne semble-t-il pas que la manière la plus simple d'expliquer l'excès d'hydrogène dans la plante entière soit d'admettre qu'au cours des réactions internes entre les corps assimilés il se produit quelque corps volatil plus riche en oxygène qu'en hydrogène, que la plante élimine. Il est naturel de penser que ce corps est simplement de l'acide carbonique. »

Nous avons donc résolu de reprendre la question, d'autant plus que la méthode choisie par MM. Bonnier et Mangin, très analogue à celles qu'ont employées leurs devanciers, ne nous inspirait qu'une médiocre confiance; nous n'avons pas tardé alors à reconnaître que les divergences que l'on remarque entre les résultats obtenus par les divers observateurs tiennent à des irrégularités de méthodes, chacune d'elles apportant une ou plusieurs causes d'erreur inaperçues, ou que l'on considère, à priori et sans vérification, comme insignifiantes et négligeables.

L'étude de la respiration est donc une question de méthode, aussi bien et même plus qu'une question d'analyse, et l'on ne devra pas s'étonner si, dans ce mémoire, nous ne donnons qu'un très petit nombre de conclusions relatives à la respiration elle-même, si nous n'étudions pour ainsi dire qu'une seule espèce végétale : nous avons voulu d'abord être certains de l'exactitude de nos procédés de recherches, et c'est le résultat d'un travail de vérification qui a duré plus d'un an que nous publions aujourd'hui, réservant pour une prochaine saison l'emploi de ces méthodes à l'étude des nombreuses questions qu'elles nous paraissent propres à élucider.

Nous examinerons donc successivement les méthodes d'analyse et les dispositions expérimentales employées jusqu'ici, discutant pour chacune d'elles les différentes causes d'erreur qu'elles comportent.

I. — PROCÉDÉS D'ANALYSE.

Les gaz que l'on est conduit à doser dans l'étude de la respiration végétale sont ceux qui existent normalement dans l'air, c'est-à-dire l'acide carbonique, l'oxygène et l'azote. Une semblable analyse n'offre aucune difficulté sérieuse : l'acide carbonique est absorbé par la potasse en dissolution concentrée, l'oxygène est pris par le pyrogallate ou tout autre absorbant, ou bien encore dosé par détonation avec l'hydrogène en excès dans un eudiomètre; quant à l'azote, il se détermine toujours par différence.

Examinons quelques-uns de ces différents procédés.

1. *Emploi du pyrogallate de potasse.* — MM. Bonnier et Mangin font usage, dans leurs analyses, d'un appareil particulier[1] qui rappelle un peu celui de Timiriazeff, où l'acide carbonique et l'oxygène sont absorbés successivement, sur le mercure, par la potasse et le pyrogallate en solution concentrée; le tube qui sert à l'absorption est capillaire et disposé horizontalement; il est, en outre, gradué et donne, par conséquent, le volume du gaz à chaque période de l'analyse, en fonction d'une unité arbitraire qu'il n'est pas nécessaire de déterminer.

Cette méthode analytique nous paraît irréprochable et présente l'avantage de pouvoir être appliquée à de très petits volumes de gaz; le seul défaut qu'elle présente est d'introduire une trace d'oxyde de carbone dans l'azote final qui peut par suite être dosé un peu fort, mais cette cause d'erreur, signalée par Cloez[2], Calvert[3], Boussingault et d'autres est très faible et peut être négligée sans inconvénient, quand on opère vite et en présence d'un excès de potasse. Le pyrogallate doit être remplacé par de l'eau avant de procéder à la mesure finale, de manière à ce que l'azote restant soit toujours saturé de vapeur d'eau à sa tension maxima.

2. *Emploi du chlorure cuivreux.* — Nous nous sommes servis, dans la première partie de ce travail, du chlorure cuivreux pour absorber l'oxygène sur la cuve à mercure. Cette méthode d'analyse ayant été reconnue suffisante et ne nécessitant l'emploi d'aucun appareil spécial, nous croyons utile de la décrire ici en détail.

1. Voy. *Ann. des sc. nat. Bot.*, 6e série, t. XVII et suivants.
2. *C. R.*, t. LVII, p. 875.
3. *C. R.*, t. LVIII, p. 373.

Le gaz à analyser (20 à 25cc) est mesuré sur la cuve à mercure dans un tube divisé en dixièmes de centimètre cube, vérifié et corrigé s'il y a lieu, et dans lequel on peut apprécier aisément les quarts ou même les dixièmes de division. On a soin de déposer au fond du tube une très petite gouttelette d'eau de manière à saturer les gaz.

Au moment de chaque mesure on ferme le tube avec un bouchon de liège fin, légèrement mouillé pour qu'il n'y reste pas d'air adhérent, et traversé par un fragment de tube capillaire, servant à établir la communication entre le mercure de la cuve et celui du tube. On sait que cette disposition a été recommandée par M. Berthelot pour le dosage des carbures éthyléniques par le brome. On maintient le tube entièrement plongé dans la cuve pendant une à deux minutes pour qu'il en prenne exactement la température, puis on le saisit par une pince garnie de liège pour éviter son échauffement au contact des doigts, on le soulève jusqu'à ce que le mercure soit sur un même plan à l'intérieur et à l'extérieur, on bouche avec le doigt l'extrémité du tube capillaire, enfin on enlève le tout de la cuve et on procède à la lecture.

Le gaz est ensuite transvasé dans une petite éprouvette mouillée intérieurement de potasse, et au besoin dans une autre semblable, où on le laisse séjourner jusqu'à ce qu'il ne se produise plus d'absorption, puis on le fait repasser, en s'aidant d'un petit entonnoir, dans le tube divisé où on mesure le résidu comme précédemment. Il est important de s'assurer que la température de la cuve n'a pas varié; dans le cas contraire le volume doit être corrigé d'après les règles connues.

Le gaz est alors transvasé de nouveau dans une éprouvette de 30 à 40cc et laissé en contact, pendant cinq minutes environ, avec 5 à 6cc d'une dissolution concentrée de chlorure cuivreux[1] dans l'ammoniaque. Ce réactif est conservé dans un flacon de 100 grammes en présence d'une bulle d'air, ou plutôt d'azote, qui a pour but de le maintenir saturé de ce gaz à la pression ordinaire.

1. Le chlorure cuivreux s'obtient très facilement et en grande quantité en faisant passer un courant rapide de chlore sec sur du cuivre chauffé au rouge dans un tube en porcelaine; si le tube est légèrement incliné, le chlorure cuivreux coule régulièrement par son extrémité ouverte. On le fait refondre et on le moule dans une lingotière, en cylindres analogues aux crayons de nitrate d'argent. Ainsi préparé, il se conserve indéfiniment dans un flacon sec.

L'éprouvette est alors transportée sur la cuve à eau, et le gaz qu'elle contient est mesuré dans le même tube que précédemment, avec les précautions indiquées. On note la température de l'eau, généralement différente de celle du mercure, on fait les corrections nécessaires, enfin on retranche du volume final une constante qui, dans nos expériences, était de 0,17, pour tenir compte du changement de ménisque, les lectures étant toujours faites, sur le mercure et sur l'eau, tangentiellement à sa plus forte courbure. Il n'y a pas lieu de se préoccuper de la tension de l'ammoniaque lorsque la cuve à eau est suffisamment grande; il faut bien se garder d'aciduler cette eau, car il pourrait se produire un dégagement d'acide carbonique au dépens du carbonate d'ammoniaque que renferme toujours l'ammoniaque commerciale, et le dosage d'azote serait trouvé trop fort.

Appliquée à l'air normal, cette méthode donne en moyenne 20, 90 p. 100 d'oxygène; c'est le chiffre que nous avons adopté dans les calculs du rapport $\frac{CO^2}{O}$ toutes les fois que l'analyse a été faite par le chlorure cuivreux. L'approximation est de 0,15 environ, en plus ou en moins, sur le dosage de l'oxygène représenté en centièmes; quant à l'acide carbonique, il est toujours dosé plus exactement, sa détermination ayant lieu entièrement sur la cuve à mercure. La seule chose à craindre est l'adhérence, et par suite la perte de bulles de gaz très petites, dans l'intérieur de l'entonnoir qui sert aux transvasements.

Nous avons pu, grâce à l'obligeance de M. Schlœsing, contrôler sur un gaz inconnu, et dans son laboratoire même, l'exactitude de cette méthode; tandis que cet éminent agronome opérait avec l'eudiomètre de Regnault, nous analysions le même gaz par la méthode qui vient d'être décrite; les résultats ont été concordants; nous étions donc assurés de la valeur de notre procédé d'analyse, particulièrement commode à cause de sa rapidité.

3. *Emploi de l'eudiomètre.* — L'eudiomètre de Regnault, tel qu'il a été modifié par M. Schlœsing, est certainement l'appareil le plus précis que l'on connaisse pour doser volumétriquement l'oxygène de l'air. Servant de mesureur en même temps que d'eudiomètre proprement dit, il permet d'effectuer aussi le dosage de l'acide carbonique avec une approximation qui ne peut être que difficilement atteinte par toute autre méthode. Aussi, dans la crainte que nos premières analyses, qui avaient donné pour le

rapport $\frac{CO^2}{O}$ une valeur trop élevée, d'après MM. Bonnier et Mangin, ne fussent entachées d'une erreur constante imprévue, avons-nous, dès le mois de juillet 1885, substitué complètement la méthode eudiométrique au dosage par le chlorure cuivreux. Nous verrons bientôt que les résultats qu'elle a donnés furent identiques à ceux qu'on avait précédemment obtenus.

Nous n'insisterons pas sur l'emploi pratique de l'eudiomètre, que nous supposons connu de tous, nous donnerons seulement un exemple d'analyse d'air atmosphérique, pris au milieu de notre laboratoire.

Pression barométrique restée invariable pendant toute la durée de l'analyse 746mm,4
Température de l'eudiomètre 14°,25. Tension de la vapeur d'eau 12mm,1

	Divisions lues.	Pressions réelles.	
Gaz analysé...........	— 84.7	649mm,6	Acide carbonique 0,6
Après KO, HO..........	— 85.3	649mm,0	
Avec H...............	+ 407.5	1141mm,8	Contraction 407.4
Après détonation.......	+ 0.1	734mm,4	

d'où l'on déduit pour la composition centésimale du gaz :

$$CO^2 = \frac{600}{6496} = 0.09 \text{ et } O = \frac{1}{3} \cdot \frac{407400}{6496} = 20.90$$

Nous n'avons jamais fait la correction du baromètre à zéro qui n'a pas, du reste, d'influence appréciable sur les résultats de l'analyse.

Nous avons généralement négligé la vérification qui consiste à doser par détonation l'hydrogène restant dans l'eudiomètre après le dosage de l'oxygène.

L'hydrogène était préparé par le zinc pur et l'acide sulfurique pur en présence d'une trace de chlorure de platine, dans un petit appareil de 100cc de capacité environ; on laissait se perdre deux litres de gaz avant de le recueillir pour l'analyse, on s'assurait qu'il était bien inodore, enfin on le laissait séjourner dans une éprouvette mouillée de potasse pour absorber l'acide carbonique qu'il aurait pu contenir ainsi que les gouttelettes infiniment petites d'acide sulfurique et de sulfate de zinc qui sont entraînées par le gaz. On trouve ordinairement, par cette méthode, dans l'air dé-

pouillé d'acide carbonique, un dosage d'oxygène très voisin de celui que donne Bunsen, 20, 96 p. 100. C'est ce chiffre que nous avons adopté pour la composition de l'air normal.

L'erreur possible est de 0,05 p. 100 environ dans le dosage de l'oxygène.

Nous passerons sous silence les autres modes d'absorption de l'oxygène, par le phosphore, l'hydrosulfite de soude ou autres réactifs qui ne nous paraissent pas susceptibles d'une exactitude suffisante pour ce genre de recherches, et nous allons essayer de discuter l'influence que peut avoir la méthode d'analyse sur la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$.

Nous avons reconnu que lorsqu'on applique la méthode eudiométrique à l'analyse des gaz de la respiration, on peut commettre sur chacun d'eux une erreur maxima de 0,05 p. 100, soit un soixantième de la proportion d'acide carbonique émis ou d'oxygène absorbé, si celle-ci est voisine de trois centièmes. Si les deux dosages sont entachés de la même erreur dans le même sens, celle-ci se double pendant la comparaison, et le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est approché seulement à 1/30ᵉ près.

Si on emploie la méthode d'absorption par le chlorure cuivreux qui est, en moyenne, trois fois moins exacte que la précédente, l'erreur commise devient trois fois plus forte pour un même gaz, mais elle reprend la même valeur si le gaz à analyser renferme trois fois plus d'acide carbonique, soit 10 p. 100 environ; elle sera moindre, au contraire, si la proportion d'acide carbonique est encore plus élevée. Les deux méthodes comportent donc la même précision si on les applique à des gaz appropriés, et c'est ce qui nous faisait dire plus haut que l'étude de la respiration est bien plus une question de méthode qu'une question d'analyse.

Cependant il n'était pas prouvé que la respiration des feuilles s'effectuât normalement et de la même manière dans des atmosphères de compositions très différentes; il fallait donc, avant d'admettre définitivement le raisonnement qui précède, établir que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est le même, dans un milieu pauvre en acide carbonique ou en oxygène et dans une atmosphère très chargée de ces gaz. C'est ce que nous ferons voir bientôt.

En résumé, il est facile d'exécuter des analyses assez exactes pour obtenir le rapport $\frac{CO^2}{O}$ à 1/30ᵉ près; nous avons admis, eu égard à des causes d'erreur imprévues, un écart possible de 1/20, soit 0,05

environ en valeur absolue : c'est la même approximation que MM. Bonnier et Mangin ont annoncée au début de leurs travaux.

Les divergences qui font l'objet de cette discussion ne peuvent donc s'expliquer par des erreurs d'analyse; nous allons voir qu'elles sont dues à l'imperfection de la méthode utilisée par nos contradicteurs.

II. — MÉTHODES DE RECHERCHES.

§ 1. — Méthode de l'air confiné.

Cette méthode, la plus simple de toutes, consiste à mettre une plante ou des fragments de plantes dans un volume d'air connu dont on détermine au début la composition exacte. La durée du séjour des feuilles dans l'appareil est plus ou moins prolongée, suivant la quantité d'acide carbonique que l'on veut obtenir; à la fin de l'expérience, on prélève d'une manière quelconque un échantillon du gaz contenu dans l'appareil et on le soumet à l'analyse. C'est la méthode de Th. de Saussure, peu à peu perfectionnée et mise en pratique par une foule d'observateurs, et en dernier lieu par MM. Bonnier et Mangin.

Supposons qu'au commencement de l'expérience l'air ait présenté sa composition normale, et soient a, b, c, les proportions centésimales d'acide carbonique, d'oxygène et d'azote trouvées à la fin : la quantité d'oxygène équivalant à c d'azote est $c\,\frac{2096}{7904}$; la quantité d'oxygène disparue est donc $c\,\frac{2096}{7904} - b$, et le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est égal à $\frac{7904\,a}{2096\,c - 7904\,b}$.

Si l'air n'était pas pur au commencement de l'expérience, il est facile d'en tenir compte dans le calcul, puisqu'on a eu soin d'analyser le gaz initial.

Dans le mode de calcul précédent on suppose le volume de l'azote invariable; c'est ce qui a lieu en réalité, ainsi que l'ont établi Mayer et Wolkoff, Borodin, Rischawi, Godlewski, et enfin MM. Bonnier et Mangin. Nous donnerons bientôt de nouvelles preuves de cette remarquable constance.

Quant à l'appareil employé récemment par MM. Bonnier et Mangin, nous renvoyons au mémoire original où on trouvera sa description détaillée.

Causes d'erreurs inhérentes à la méthode. — 1° *Difficulté de la mesure des gaz.* — Par ce procédé il est impossible de mesurer directement le volume des gaz contenus dans les appareils; quand on cherche à le faire, en introduisant par exemple les feuilles, sous le mercure ou sous l'eau, dans des éprouvettes contenant un volume d'air mesuré à l'avance, on s'expose à faire entrer en même temps que les feuilles une multitude de bulles gazeuses, adhérentes à leur surface et qui viennent modifier, dans une proportion inconnue, le volume de l'air où elles doivent séjourner : c'est ce qui explique pourquoi MM. Dehérain et Moissan et bien d'autres encore, avaient signalé une variation du volume de l'azote pendant la respiration des plantes.

Il n'existe qu'un seul moyen d'apprécier le volume total des gaz confinés dans les appareils, c'est d'avoir recours à la méthode de Regnault, c'est-à-dire à l'emploi d'un manomètre ou plutôt d'un voluménomètre. MM. Bonnier et Mangin ont constamment comparé les indications du manomètre aux résultats de leurs analyses, et ils ont cru voir dans la concordance de ces deux données un contrôle de l'exactitude de leurs nombres. Nous démontrerons prochainement que cette prétendue vérification n'a aucune valeur dans la détermination du rapport $\frac{CO^2}{O}$ réel.

2° *Défaut d'homogénéité de l'atmosphère confinée.* — Les gaz restant immobiles dans l'intérieur de l'appareil où séjournent les plantes, il peut se faire que les produits de la respiration ne se diffusent pas dans toute l'étendue de la cloche, et que l'échantillon prélevé pour l'analyse ne possède pas la composition moyenne du mélange que l'on cherche à déterminer. Cette cause d'erreur paraît avoir vivement préoccupé MM. Bonnier et Mangin, et ils ont toujours soin, avant chaque prise, de *brasser* les gaz, c'est-à-dire de produire dans leur masse un mouvement de va-et-vient rapide à l'aide d'une pipette pleine de mercure que l'on met en communication avec l'appareil, et que l'on vide et remplit à plusieurs reprises différentes. Cette précaution évidemment indispensable si l'on se propose de déterminer la quantité absolue d'acide carbonique émis ou d'oxygène absorbé par les feuilles, devient inutile si l'on recherche seulement la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$; en effet, on sait que l'acide carbonique est incapable, sauf le cas de diffusion à travers un septum, de se séparer de lui-même d'un autre gaz avec lequel il est intimement mélangé; par conséquent les gaz altérés

par la respiration ne doivent pas changer de composition en se répandant dans l'atmosphère ambiante, et le seul inconvénient qui puisse résulter d'un mélange imparfait est que l'on recueille pour l'analyse un gaz plus ou moins dilué d'air pur ou connu à l'avance, ce qui n'altère en rien la valeur de $\frac{CO^2}{O}$, puisque ses deux termes se trouvent réduits dans le même rapport.

Il n'y a donc pas lieu de prendre cette cause d'erreur en considération dans le cas qui nous occupe ici.

3° *Les feuilles retiennent des gaz.* — Une partie des gaz modifiés ou produits par la fonction respiratoire restent forcément, dans cette méthode, à l'intérieur des tissus de la plante sans qu'il soit possible d'apprécier ni leur volume total ni leur composition.

M. Boussingault, dans ses admirables recherches sur l'assimilation du carbone par les végétaux, s'est donné la peine d'extraire et de mesurer, au commencement et à la fin de chacune de ses expériences, les gaz ainsi contenus dans les feuilles, pour estimer l'erreur qu'il devait ensuite corriger. MM. Bonnier et Mangin ont jugé plus simple de n'en pas tenir compte, bien qu'ils fussent dans des conditions infiniment plus désavantageuses que M. Boussingault, puisqu'ils opéraient à l'obscurité et que les feuilles pouvaient alors se gorger à leur aise de l'acide carbonique qu'elles décomposent au lieu de le retenir quand on les expose au soleil.

C'est cette erreur qui est seule cause du différent actuel ; à cause de son importance nous nous étendrons longuement sur sa discussion, mais nous pouvons dès maintenant déclarer que la méthode dite *de l'air confiné*, si simple et si séduisante en apparence, est en réalité la moins exacte de toutes celles que l'on peut employer dans l'étude de la respiration, que toutes les expériences effectuées avec son concours sont à reprendre, et que, à notre avis, elle doit être définitivement rejetée.

§ 2. — Méthode du renouvellement d'air continu.

Cette méthode consiste à placer les feuilles dans un appareil de forme quelconque, où circule continuellement un courant d'air privé d'acide carbonique ; à la sortie les gaz traversent des tubes absorbants à potasse caustique qui retiennent l'acide carbonique produit par la respiration ; on le dose ensuite par précipitation avec un

sel de baryum, par ébullition dans le vide en présence d'un acide fort, ou simplement par pesée directe, si l'on a eu soin de mettre le tube à potasse entre des appareils desséchants à acide sulfurique.

Ce procédé est irréprochable quant au principe et d'une exécution facile : l'air qui circule dans l'appareil est toujours à peu près exempt d'acide carbonique, ou du moins en renferme toujours la même proportion, ce qui permet de ne pas tenir compte des gaz retenus par les feuilles. C'est évidemment la meilleure méthode à suivre pour apprécier la quantité d'acide carbonique émis par une plante déterminée, dans des conditions déterminées de température, de pression ou d'éclairement, mais elle ne peut faire connaître la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$, car on ne peut prétendre à doser l'oxygène de l'air qui circule assez exactement pour en déduire la quantité de ce gaz qui a été absorbée.

Nous ne nous étendrons donc pas davantage sur cette méthode, dont l'application est limitée à un petit nombre de recherches.

§ 3. — Méthode de MM. Wolkoff et Mayer[1].

Ce procédé repose sur l'invariabilité absolue du volume de l'azote dans l'atmosphère qui environne les feuilles ou les graines en germination. Ces organes sont placés dans un appareil ayant la forme d'un tube en U renversé sur une petite cuve à mercure. Au-dessous des feuilles se trouve un godet rempli de potasse en dissolution concentrée, qui absorbe l'acide carbonique au fur et à mesure de sa mise en liberté. Le mercure monte alors peu à peu dans le tube, et la dénivellation, mesurée au cathétomètre, permet, après corrections, de calculer le volume de l'oxygène absorbé après un temps quelconque.

M. Godlewski, qui a employé cette méthode, légèrement modifiée, dans ses recherches classiques sur la germination, dose l'acide carbonique formé en précipitant la potasse extraite de l'appareil par du chlorure de baryum et pesant le carbonate de baryte obtenu ; il s'est assuré que l'absorption de l'acide carbonique

1. *Ann. des sc. nat., Bot.*, 6e s., t. I (1875) et *Landwirthschaft Jahrbücher*, t. IV, (1874).

à la seule allure de la trompe; dans tous nos essais nous avons poussé le vide jusqu'à 1/2000 d'atmosphère au moins, souvent jusqu'à 1/4000, ce qui est extrêmement facile et correspond seulement à un résidu gazeux de 1/20 de centimètre cube, au maximum, dans un tube de 40^{cc}, y compris les espaces nuisibles.

Une cause d'erreur plus grave que celle-ci résulte des petites bulles qui restent quelquefois attachées au tube capillaire de la trompe et qu'il est impossible de faire passer dans l'éprouvette réceptrice, même en accélérant beaucoup la vitesse d'écoulement du mercure. Nous avons compté sur une approximation de $0^{cc},1$ dans la mesure du volume total des gaz, et, de fait, deux mesures consécutives effectuées sur le même tube ont toujours donné le même résultat à 1/10 de centimètre cube près.

2° *Il peut se produire des rentrées d'air pendant l'extraction des gaz.* — Les rentrées d'air peuvent être aisément évitées par une construction convenable des appareils; d'autre part il y a beaucoup de chances pour que cette cause d'erreur, bien facile du reste à constater par la marche de la trompe, soit la même au début et à la fin de chaque essai; elle ne pourrait donc altérer en aucune façon la mesure du volume gazeux total, et quand même celle-ci serait faussée par une rentrée d'air fortuite dans l'une ou l'autre extraction, on trouverait encore avec exactitude le rapport $\frac{CO^2}{O}$, car on peut étendre d'air autant qu'on le veut un gaz pour lequel ce rapport a été déterminé sans que sa valeur se modifie.

3° *La feuille est altérée, desséchée peut-être par l'action du vide et ne respire plus d'une manière normale.* — Nous avons combattu la dessiccation partielle que les feuilles peuvent subir pendant le jeu de la trompe en mouillant l'intérieur des tubes avec une ou deux gouttes d'eau, soit un décigramme à peine, quantité absolument insuffisante pour influencer le dosage ultérieur de l'acide carbonique, et qui du reste se volatilise en grande partie pendant qu'on fait le vide.

Pour ce qui est de l'altération possible du protoplasma, nous avons constaté que les feuilles décomposent l'acide carbonique au soleil tout aussi bien après qu'elles ont été placées dans le vide que lorsqu'elles viennent d'être détachées de leur tige. On en pourra juger par l'expérience suivante :

EXPÉRIENCE I (24 mars 1885).

FUSAIN DU JAPON. 2 GRAMMES. FEUILLES SOUMISES A L'ACTION DU VIDE.
DURÉE DE L'INSOLATION 2 HEURES. — ANALYSES AU CHLORURE CUIVREUX.

	GAZ PRIMITIF.	GAZ FINAL.
	cc.	cc.
Acide carbonique..................	1,65	0,05
Oxygène..............	4,40	6,00
Azote.........................	17,30	17,40
Total..........................	23,35	23,45
Acide carbonique disparu...........	1,60	
Oxygène apparu..................	1,60	

L'émission d'oxygène, constatée dans cette expérience, que nous avons cru inutile de répéter, est un critérium qui témoigne du bon état des feuilles. Nous avons admis que la fonction respiratoire s'effectue, après le vide, aussi normalement que la fonction chlorophyllienne.

4° *La respiration dite intra-cellulaire qui se produit en l'absence d'oxygène peut, au moment où les feuilles sont sous vide, augmenter le rapport $\frac{CO^2}{O}$ en faisant croître son numérateur.* — Cette objection, la seule qui nous semble présenter quelque valeur dans cette critique générale, nous a préoccupés dès le début de ce travail et nous avons recherché, de plusieurs manières différentes. quelle pouvait être l'influence de la respiration intra-cellulaire dans les conditions où nous voulions opérer.

On peut déjà prévoir que cette cause d'erreur est bien faible : on sait, en effet, d'après les recherches de Mayer, Rischawi, Bœhm, d'après MM. Bonnier et Mangin eux-mêmes, que la respiration intra-cellulaire ne commence à se manifester, en d'autres termes que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ ne commence à changer de valeur que lorsque la pression de l'oxygène est extrêmement faible. Nous avons eu nous-mêmes occasion de vérifier ce fait, et les expériences suivantes nous paraissent décisives à cet égard.

16 MAI 1885. — PIN SYLVESTRE. 3 GRAMMES FEUILLES A 35°.
ANALYSES AU CHLORURE CUIVREUX.

	EXP. II. 1/2 HEURE.			EXP. III. 1 HEURE.			EXP. IV. 1 HEURE 1/2.		
	Gaz prim.	GAZ FINAL. absolu.	GAZ FINAL. p. 100	Gaz prim.	GAZ FINAL. absolu.	GAZ FINAL. p. 100	Gaz prim.	GAZ FINAL. absolu.	GAZ FINAL. p. 100
	cc.	cc.		cc.	cc.		cc.	cc.	
CO^2....	—	1.90	10.38	—	2.75	15.45	—	4.50	20.83
O......	3.81	1.98	10.82	3.71	1.07	6.01	4.46	0.22	1.02
Az.....	14.43	14.42	78.80	14.02	13.98	78.54	16.87	16.88	78.15
Total...	18.24	18.30		17.73	17.80		21.33	21.60	
$\frac{CO^2}{O}$ ..	1.04			1.04			1.06		

Ainsi la valeur $\frac{CO^2}{O}$ reste constante quand l'atmosphère finale renferme 10, 15 et 20 p. 100 d'acide carbonique.

Le Fusain du Japon nous a offert également un grand nombre de preuves de cette indépendance du rapport $\frac{CO^2}{O}$ avec la composition de l'atmosphère, nous y reviendrons bientôt.

Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ présente donc la même valeur dans un gaz pauvre ou, au contraire, riche en oxygène; par conséquent il ne peut, dans nos expériences, se produire un dégagement d'acide carbonique par défaut d'oxygène que lorsque le vide est déjà fort avancé. Or, il nous faut en moyenne dix minutes pour vider entièrement nos tubes, et nous rappellerons que ceux-ci sont, au moment de l'extraction, plongés dans l'eau froide pour diminuer l'activité respiratoire des feuilles qu'ils renferment : la respiration intra-cellulaire ne s'effectue donc que pendant deux à trois minutes à peine, produisant peut-être trois ou quatre centièmes de centimètre cube d'acide carbonique. Cette quantité est évidemment négligeable et doit rester inférieure aux erreurs de mesure ou d'analyse, si soignées qu'elles soient.

D'autre part il est possible de démontrer expérimentalement que la respiration intra-cellulaire n'intervient pas d'une manière sensible dans nos expériences : et, d'abord, s'il en était autrement, il serait impossible de faire et de maintenir le vide dans nos tubes. En-

suite, s'il est vrai qu'il peut se produire un dégagement d'acide carbonique non accompagné d'une absorption équivalente d'oxygène au moment où l'on approche du vide complet, on doit voir, puisque ce dégagement est une constante lorsque la durée du vide, le poids des feuilles et la température restent les mêmes, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ s'élever à mesure que la durée des expériences diminue, en d'autres termes à mesure que la production d'acide carbonique imputable à la respiration normale devient plus faible.

Nous n'avons jamais observé cet accroissement d'une manière assez nette pour qu'il soit impossible de l'attribuer aux erreurs d'analyse; en général il est insensible, même dans les conditions les plus désavantageuses en apparence, lorsque par exemple il ne s'est produit que 1 p. 100 d'acide carbonique ou moins encore.

Enfin, ce dégagement anormal d'acide carbonique est évidemment, toutes les autres conditions restant invariables, proportionnel au volume des feuilles employées. Si donc, la durée des expériences étant réglée de manière à ce que la proportion d'acide carbonique produit soit à peu près la même dans chacune d'elles, l'influence de cette cause d'erreur doit faire croître le rapport $\frac{CO^2}{O}$ avec la *densité de chargement*, c'est-à-dire avec la quantité de feuilles que l'on enferme dans l'unité de volume d'appareil. C'est précisément l'inverse que nous avons toujours observé : le rapport s'abaisse légèrement quand la densité de chargement s'élève, à cause de la difficulté extrême qu'on éprouve à extraire d'une manière complète les gaz, et surtout l'acide carbonique, qui restent dissous dans le suc cellulaire. On en pourra juger par les résultats suivants :

FUSAIN DU JAPON A 35° (JUILLET 1885).

	EXPÉRIENCE XIV DENSITÉ de chargement $\frac{1}{8}$.	EXPÉRIENCE XV DENSITÉ de chargement $\frac{1}{10}$.	EXPÉRIENCE XVII DENSITÉ de chargement $\frac{1}{40}$.
CO^2 dégagé	21.30 (3.67 p. 100)	34.90 (5.44 p. 100)	26.20 (3.82 p. 100)
O absorbé	18.39	29.28	21.41
$\frac{CO^2}{O}$	1.16	1.19	1.22

Les chiffres précédents indiquent, en millimètres de mercure, la pression des gaz mesurés à volume constant dans l'eudiomètre, secs et à la même température; ils sont relatifs à des expériences dont le détail sera donné plus loin.

En présence de ces résultats nous croyons avoir le droit d'admettre que la respiration intra-cellulaire n'a pas le temps de se produire dans la durée d'une extraction, et, d'ailleurs, nous lisons dans le dernier mémoire de MM. Bonnier et Mangin les remarques suivantes, qui prouvent que nous sommes absolument d'accord sur ce point.

«... Si le vide n'est pas fait très rapidement et si, d'autre part, la température des organes étudiés est assez élevée, on s'expose à doser un volume d'acide carbonique trop considérable, et par suite, on trouve pour le rapport $\frac{CO^2}{O}$ des valeurs trop fortes.

» Nous nous sommes assurés qu'en extrayant les gaz *très rapidement* cette cause d'erreur devient négligeable[1]. »

MM. Bonnier et Mangin donnent ensuite quelques résultats d'expériences effectuées comparativement avec la méthode du vide et celle de l'air confiné, et dans lesquelles ils trouvent la même valeur 0,98 pour le Fusain du Japon à toutes les températures. Nous venons de voir que la méthode du vide nous donne le nombre 1,20, supérieur de un quart à celui que proposent les auteurs précités.

Il est probable que la concordance apparente qu'ils signalent et qu'ils ont fait ressortir dans leur dernier mémoire, ainsi que dans une Note présentée à l'Académie le 15 juin 1885[2], tient à ce que, préoccupés outre mesure de la respiration intra-cellulaire que cependant ils déclarent incapable de fausser les résultats, ils ont négligé de faire le vide entièrement, et que, alors, ils se sont trouvés dans les conditions ordinaires de leurs expériences antérieures, c'est-à-dire dans les conditions d'une atmosphère confinée qu'on n'extrait pas complètement.

En résumé, nous considérons la méthode du vide comme supérieure aux précédentes, surtout dans le cas où la densité de chargement n'est pas excessive, ce qui nous semble être la condition expérimentale la plus favorable; nous venons de voir que, jusqu'à

1. *Ann. des sc. nat., Bot.*, 7e s., t. II, p. 324.
2. *C. R.*, t. C, p. 1519.

présent, elle n'a été l'objet d'aucune critique sérieuse, nous ajouterons en terminant qu'elle est la seule applicable à l'étude de la respiration aux basses températures. On en verra bientôt la raison.

§ 5. — Méthode de compensation.

Cette méthode a été employée par nous, concurremment avec la précédente et comme vérification de nos premiers résultats, après la réponse déjà citée de MM. Bonnier et Mangin. On nous a reproché de ne pas l'avoir décrite assez clairement, nous allons donc l'exposer dans tous ses détails.

L'appareil qui nous sert consiste en un manchon cylindrique de verre de 370^{cc} environ ; à l'une de ses extrémités est soudé un tube capillaire qui vient, en se recourbant, s'appliquer le long des parois du cylindre. La longueur de ce tube dépasse de quelques centimètres celle du manchon et, au moment des expériences, on le ferme à l'aide d'un simple caoutchouc serré par une pince. La seconde extrémité du manchon est légèrement étirée, de manière à réduire son diamètre à 3 centimètres environ ; elle est de plus usée à l'émeri, et on peut, par l'intermédiaire d'un peu de cire Golaz, la fermer par un bouchon en verre soufflé, d'un diamètre égal et qui se termine par un bon robinet. Ce genre de fermeture est extrêmement simple et offre plus de sécurité qu'un bouchage à l'émeri.

On peut d'ailleurs remplacer ce petit appareil par un flacon de 250 à 300 grammes, du genre dit col droit, que l'on ferme à l'aide d'un bouchon en caoutchouc à deux trous : par ces trous passent deux tubes : l'un, capillaire, descend jusqu'au fond et se termine au dehors par un caoutchouc et une pince ; l'autre, plus large et aussi court que possible, porte un robinet de verre et s'arrête, dans l'intérieur du col droit, au niveau du bouchon.

On commence par déterminer approximativement le volume V de l'appareil, puis on relie ce dernier à la trompe au moyen de son robinet, alors fermé ; on serre le caoutchouc du tube capillaire, on vide les espaces nuisibles de la trompe, on arrête pour un moment l'écoulement du mercure, on ouvre le robinet de communication, puis on le referme et on remet la trompe en marche, en recueillant les gaz qui s'échappent. Soit v le volume de ces gaz : le rapport

$\frac{v}{V}$ exprime évidemment le quantité de gaz, mesurée à la pression atmosphérique, que l'on peut, par la manœuvre précédente, extraire de l'unité de volume d'appareil. C'est un nombre fixe, qu'il suffit de déterminer une fois pour toutes pour un appareil donné.

On place alors dans le manchon les feuilles que l'on se propose d'étudier, on le relie à la trompe, on le plonge dans un bain d'eau à température constante, on desserre la pince du caoutchouc, on adapte à celui-ci un tube à potasse et on fait fonctionner la trompe pour purger l'appareil de l'acide carbonique qu'il peut contenir; enfin, après quelques minutes, on arrête la trompe, on ferme le robinet ainsi que la pince, de manière à intercepter toute communication avec l'air extérieur, et on couvre le manchon pour le maintenir à l'obscurité.

On voit que, dans cette méthode, on ne tient pas compte des gaz retenus par les feuilles; cela n'est pas en effet nécessaire.

Après un temps T, tel que le gaz intérieur renferme 3 à 5 centièmes d'acide carbonique, on met la trompe en marche pour vider ses espaces nuisibles, puis on l'arrête et on ouvre le robinet de communication, ce qui détermine le passage, dans la trompe, d'un volume gazeux sensiblement égal à *v;* presque aussitôt on ferme le robinet, on desserre un instant la pince pour laisser rentrer dans l'appareil un volume *v* d'air pur et on laisse l'expérience se poursuivre. On recueille alors le gaz que renferme la trompe et on l'analyse; cette première prise présente toujours, à moins que la densité de chargement ne soit très faible, une composition anormale; elle correspond en effet, par son origine, à l'échantillon que l'on prélève dans la méthode de l'air confiné et qui donne une valeur de $\frac{CO^2}{O}$ trop faible.

Après un temps $T\frac{v}{V}$ le volume *v* d'air normal qu'on a introduit dans l'appareil à la suite de la première prise se trouve modifié de la même manière, ou à peu près, que le volume V primitif dans le temps T; à ce moment l'atmosphère du manchon doit donc contenir la même proportion centésimale d'acide carbonique qu'à l'époque T; on procède alors à une seconde prise, en opérant comme il vient d'être dit, puis, aux différentes époques $2T\frac{v}{V}$, $3T\frac{v}{V}$, etc., une troisième, une quatrième prise, et ainsi de suite. Chaque échantillon est analysé séparément, ou du moins de cinq en cinq prises.

En opérant ainsi, il est évident que l'atmosphère des feuilles ne peut plus venir modifier les résultats, car, la richesse en acide carbonique de l'atmosphère ambiante demeurant invariable, les gaz dissous dans le suc cellulaire se trouvent en équilibre parfait avec les gaz extérieurs.

En outre, on remplace progressivement le gaz anormal qui remplissait l'appareil au début par un volume égal de gaz qui présente toujours la même composition, puisqu'il reste pendant le même temps et à la même température, au contact d'une même quantité de feuilles : par suite le volume de ce gaz anormal diminue comme les termes de la progression géométrique $\left(1-\frac{v}{V}\right)^n$, et il est toujours possible de prendre n assez grand pour que le résidu n'ait plus d'influence sur la composition du mélange.

Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ que l'on déduit des prises successives doit donc croître jusqu'à une valeur limite qui est sa valeur réelle. C'est ce qui a lieu en effet, comme le montrent les expériences suivantes, effectuées toutes sur le Fusain du Japon, à la température de 35°. Les analyses ont été faites avec l'eudiomètre.

EXPÉRIENCE IX (3 août 1885).

Densité de chargement $\frac{1}{40}$. ($9^{gr},2$ feuilles dans 370^{cc} à 35°).

La première prise après 4 h. 1/4; les autres à 31 minutes d'intervalle.

	1re PRISE; T = 22°,7.			5e PRISE; T = 23°,4.			8e PRISE; T = 23°,7.		
	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.
Gaz à analyser.....	— 219.9	759.6	519.2	— 230.0	759.3	507.9	— 241.8	759.1	495.5
Après KO,HO......	— 239.0	—	500.1	— 248.0	—	489.9	— 258.1	—	479.2
Avec hydrogène....	+ 85.0	—	824.1	+ 85.1	—	823.0	+ 92.9	—	830.2
Après détonation...	— 191.3	—	547.8	— 187.6	—	550.3	— 175.9	—	561.4
CO^2................		3.68			3.54			3.29	
O..................		17.74			17.90			18.08	
Az.................		78.58			78.56			78.63	
$\frac{CO^2}{O}$		1.19			1.21			1.19	

EXPÉRIENCE V (30 juillet 1885).

Densité de chargement $\frac{1}{5}$ (74 grammes feuilles dans 370cc à 35°).

La première prise après 25 minutes; les autres à 3 minutes d'intervalle.

	1re PRISE; T = 23°,9.			10e PRISE; T = 24°,2.			15e PRISE; T = 24°,7.			20e PRISE; T = 25°,0.		
	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.
Gaz à analyser......	— 289.6	765.1	453.5	— 274.4	764.9	468.1	— 294.3	764.5	447.1	— 294.2	764.3	446.6
Après KO,HO.......	— 300.9	—	442.2	— 291 9	—	450.6	— 310.8	—	430.6	— 310.0	—	430.8
Avec hydrogène.....	+ 53.0	764.9	795.9	+ 67.5	764.8	809.9	+ 93.9	—	835.3	+ 77.8	—	818.6
Après détonation....	— 194.1	—	548.8	— 181.7	—	560.7	— 145.7	—	595.7	— 162.9	—	577.9
CO^2...............		2.49			3.74			3.69			3.54	
O..................		18.16			17.74			17.86			17.96	
Az.................		79.35			78.52			78.45			78.50	
$\frac{CO^2}{O}$...............		0.86			1.21			1.25			1.24	

EXPÉRIENCE VI (19 juillet 1885).

Densité de chargement $\frac{1}{10}$ environ (30 grammes feuilles dans 290^{cc} à 35°).

La première prise après 55 *minutes; les autres de* 8 *en* 8 *minutes.*

	1re PRISE; T = 22°,5.			5e PRISE; T = 22°,7.			8e PRISE; T = 23°,0.			10e PRISE; T = 23°,4		
	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.
Gaz à analyser......	— 256.0	761.8	485.6	— 261.9	761.7	479.3	— 250 9	761.7	489.9	— 249.7	761.7	490.6
Après KO,HO.......	— 270.7	—	470.9	— 277.3	—	463.9	— 265.6	—	475.2	— 264.6	—	475.7
Avec hydrogène.....	+ 118.4	—	860.0	+ 177.0	—	918.2	+ 136.0	—	876.8	+ 149.4	—	889.7
Après détonation....	— 143.6	—	598.0	— 83.9	—	657.3	— 132.7	—	608.1	— 120.2	—	620.1
CO^2................		3.03			3.21			3.00			3.04	
O..................		17.98			18.14			18.28			18.32	
Az.................		78.99			78.65			78.72			78.64	
$\frac{CO^2}{O}$		1.02			1.18			1.16			1.20	

EXPÉRIENCE VII (30 juillet 1885).

Densité de chargement $\frac{1}{10}$ (37 grammes feuilles dans 370^{cc} à 35°).

La première prise après une heure; les autres de 7 en 7 minutes.

	1re PRISE; T = 22°6.			5e PRISE; T = 22°,9.			8e PRISE; T = 23°,2.			10e PRISE; T = 23°,5.		
	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.
Gaz à analyser......	— 277.3	764.3	466.6	— 214.0	764.3	529.6	— 240.2	764.3	503.0	— 238.6	764.1	504.0
Après KO,HO........	— 296.0	—	447.0	— 236.7	—	506.9	— 260.5	—	482.7	— 258.0	—	484.6
Avec hydrogène.....	+ 65.0	—	808.9	+ 120.2	—	863.8	+ 83.9	—	827.1	+ 88.5	764.0	831.0
Après détonation....	— 175.0	—	568.9	— 152.2	—	591.4	— 179.0	—	561.2	— 178.0	—	564.5
CO^2................		4.01			4.29			4.03			3.85	
O..................		17.14			17.14			17.42			17.62	
Az.................		78.85			78.57			78.55			78.53	
$\frac{CO^2}{O}$		1.06			1.16			1.18			1 20	

EXPÉRIENCE VIII (1er août 1885).

Densité de chargement $\frac{1}{20}$ (18gr,5 feuilles dans 370cc à 35°).

La première prise après 2 heures 1/4; les autres de 16 en 16 minutes.

	1re PRISE; T = 22°,85.			5e PRISE; T = 23°,5.			8e PRISE; T = 23°,8.			10e PRISE; T = 24°,1.		
	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.
Gaz à analyser......	— 277.9	760.0	461.4	— 235.6	760.0	502.9	— 219.0	760.0	519.1	— 267.0	759.8	470.5
Après KO,HO... ...	— 299.6	—	439.7	— 257.7	—	480.8	— 240.5	—	497.6	— 285.7	—	451.8
Avec hydrogène.....	+ 62.9	—	802.2	+ 112.6	—	851.1	+ 104.3	—	842.4	+ 33.0	—	770.5
Après détonation....	— 168.2	—	571.1	— 145.5	—	593.0	— 165.0	—	572.2	— 214.3	—	523.2
CO^2................		4.70			4.39			4.14			3.97	
O.................		16.70			17.11			17.35			17.52	
Az.................		78.60			78.50			78.51			78.51	
$\frac{CO^2}{O}$		1.13			1.18			1.19			1.20	

Nous donnons encore quelques expériences faites sur le Fusain du Japon, à 0°, par la méthode de compensation, mais dans lesquelles il a été impossible d'arriver jusqu'à la valeur limite de $\frac{CO^2}{O}$ à cause de la longueur excessive des expériences.

EXPÉRIENCE X (10 août 1885). Densité de chargement $\frac{1}{5}$.

La première prise après 4 heures à 0°; les autres de 28 en 28 minutes.

	1re PRISE; T = 23°,9.			5e PRISE; T = 24°,3.			8e PRISE; T = 24°,7.		
	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.
Gaz à analyser.....	— 248.3	754.8	484.5	— 345.0	754.6	387.0	— 239.9	760.0	500.8
Après KO,HO......	— 258.2	—	474.0	— 352.9	754.5	379.0	— 250.9	—	489.8
Avec hydrogène....	+ 75.6	—	808.4	+ 3.9	—	735.8	+ 59.5	—	800.2
Après détonation...	— 182.5	—	550.3	— 208.6	—	523.3	— 216.2	—	524.5
CO^2...............		2.04			2.07			2.19	
O...................		17.76			18.30			18.35	
Az..................		80.20			79.63			79.46	
$\frac{CO^2}{O}$		0.58			0.74			0.81	

Dans les trois expériences suivantes on n'a fait qu'une seule prise destinée à faire connaître seulement la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$ apparent.

	EXPÉRIENCE XI (22 août 1885). Dens. de charg^t $\frac{1}{10}$; 8 heures à 0°.			EXPÉRIENCE XII (24 août 1885). Dens. de charg^t $\frac{1}{20}$; 20 heures à 0°.			EXPÉRIENCE XIII (2-4 septembre 1885). Dens. de charg^t $\frac{1}{20}$; 38 heures à 0°.		
	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.
Gaz à analyser......	— 232.9	759.0	506.1	— 226.9	753.4	505.9	— 240.2	752.4	496.0
Après KO,HO.......	— 245.0	—	494.0	— 233.0	—	499.8	— 252.4	—	483.8
Avec hydrogène....	+ 114.5	—	853.5	+ 44.8	—	777.6	+ 17.8	—	754.0
Après détonation...	— 163.8	—	575.2	— 254.0	—	478.8	— 256.4	—	479.8
CO^2...............		2.39			1.20			2.46	
O...................		18.33			19.69			18.43	
Az..................		79.28			79.11			79.11	
$\frac{CO^2}{O}$		0.89			0.93			0.96	

Le seul reproche que l'on puisse faire à la méthode de compensation est que peut-être les gaz ne sont pas intimement mélangés dans l'intérieur du flacon, mais nous avons fait remarquer plus haut que ce défaut d'homogénéité n'a pas d'influence sur la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$; on ne pourrait y voir un inconvénient que si l'on voulait appliquer cette méthode à la recherche des quantités absolues d'acide carbonique qui se produisent pendant la respiration : nous ne nous en sommes jamais servis dans ce but, et par conséquent nous restons en dehors de la seule cause d'erreur qu'elle puisse présenter.

Ce nouveau mode opératoire a été l'objet, aussitôt que nous l'avons publié[1], d'une discussion qui promettait d'être très vive. Nous lisons en effet, dans une Note de MM. Bonnier et Mangin du 9 novembre 1885[2] :

« ... La méthode *de compensation*, proposée par MM. Dehérain et Maquenne pour vérifier le nombre déjà publié par ces auteurs, relatif au Fusain, est fondée sur un principe inexact. Nous démontrerons prochainement, par un calcul très simple, que l'on peut, avec cette méthode, obtenir tous les nombres que l'on veut trouver... »

Puis le silence s'est fait, et nous n'entendons plus parler de la méthode de compensation, que dans une note insérée aux *Annales des sciences naturelles* (botanique), au bas de la page 329 du tome II (7e série), où les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas compris la méthode de compensation dans la critique qu'ils viennent de faire de nos résultats parce qu'il est « indispensable, pour en discuter le principe et l'application, d'attendre que les auteurs de cette méthode en aient donné, dans un mémoire étendu, l'exposé plus détaillé ».

Il nous semble cependant que, dans notre Note du 2 novembre, l'exposition de la nouvelle méthode est, bien qu'incomplète, suffisamment claire pour en faire comprendre au moins le principe. Nous sommes donc en droit de considérer provisoirement ce mode d'expérimentation comme irréprochable, et de voir dans la concordance de ses résultats avec ceux que donne le vide une vérification qui n'a pu jusqu'à présent être infirmée.

Nous devons dire cependant, puisqu'il nous faut faire nous-

1. *C. R.*, t. CI, p. 887.
2. *C. R.*, t. CI, p. 969.

mêmes la critique de nos procédés, que la méthode de compensation est d'un emploi moins général que la méthode du vide : en effet, la fixité du rapport $\frac{CO^2}{O}$ n'est atteinte que vers la dixième prise, au moins, c'est-à-dire après un temps plus que double de celui qu'exige la méthode du vide, quand on opère à haute température et que la fraction $\frac{v}{V}$ est voisine de $\frac{1}{9}$. A zéro, l'équilibre est encore plus long à s'établir, et, comme les prises successives doivent être plus espacées à cause du ralentissement de la respiration, la méthode devient impraticable.

Il n'existe pas, à notre connaissance, d'autre procédé en usage actuellement, dans l'étude de la respiration, qui diffère en principe de ceux que nous venons de décrire. On excusera cette première discussion, un peu longue peut-être, mais que nous considérons comme le préliminaire indispensable de la seconde partie de ce *Mémoire*.

III. — DE L'ATMOSPHÈRE INTERNE DES FEUILLES.

C'est M. Boussingault qui, pour la première fois, a appelé sérieusement l'attention des physiologistes sur les gaz que les feuilles retiennent dans leurs tissus et qui, en se mélangeant avec l'atmosphère limitée où l'on enferme ces organes dans la plupart des recherches de physiologie végétale, en altèrent la composition dans un sens et dans une proportion impossibles à prévoir. Aussi, dans la plupart de ses expériences sur la décomposition de l'acide carbonique par les parties vertes des végétaux, a-t-il déterminé, sur un lot de feuilles semblables à celles qui devaient être mises en expérience, le volume et la nature des gaz qui s'y trouvaient retenus.

Dans ces derniers temps, Borodin est revenu sur ce sujet[1] : il a montré que les plantes (haricots germés, rameaux d'aubépine, feuilles d'iris) absorbent une forte proportion d'acide carbonique quand on les plonge dans une atmosphère chargée de ce gaz. Après un séjour prolongé des feuilles d'iris dans un air riche en acide carbonique, on voit se manifester une exagération énorme de l'émission de ce gaz quand on les place ensuite dans l'air pur.

1. Untersuchungen über die Pflanzenathmung, *Mém. de l'Ac. des sc. de Saint-Pétersbourg*, 1881.

Tout récemment, MM. Gréhant et Peyrou ont extrait par le vide, des feuilles maintenues dans l'eau à 50°, une quantité considérable de gaz riche en acide carbonique[1].

Il n'est donc pas douteux que les feuilles, et en général tous les organes végétaux vivants possèdent une atmosphère interne. Cependant MM. Bonnier et Mangin se refusent à l'admettre, ou du moins assurent qu'elle est assez peu importante pour ne pas influencer la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$. Par suite, ils considèrent comme non fondée la critique que nous avons faite de leurs résultats.

Nous avons pensé alors qu'il pourrait être utile de donner une nouvelle démonstration du fait établi par M. Boussingault, et notamment de préciser l'état sous lequel l'acide carbonique se trouve retenu par les feuilles.

Les expériences suivantes vont nous renseigner à ce sujet.

§ 1. — Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ apparent varie avec la densité de chargement.

S'il est vrai que l'atmosphère des feuilles n'est pas négligeable dans l'étude de la respiration, on doit voir le rapport $\frac{CO^2}{O}$ *apparent*, c'est-à-dire celui que l'on déduit de l'analyse des gaz extérieurs aux feuilles dans la méthode de l'air confiné, changer de valeur avec la densité de chargement des appareils, puisque, en augmentant la quantité de feuilles, on augmente du même coup les causes d'absorption de l'acide carbonique.

Quant au rapport $\frac{CO^2}{O}$ *réel*, il doit rester évidemment en dehors de cette influence, et conserver toujours la même valeur.

C'est pour montrer en même temps cette variabilité du rapport $\frac{CO^2}{O}$ apparent et cette indépendance du rapport $\frac{CO^2}{O}$ réel que nous avons imaginé de recueillir en deux fois, dans la méthode du vide, les gaz qui restent dans nos tubes. La première prise s'effectue en ouvrant, pendant un seul instant, le robinet de communication avec la trompe, préalablement vidée de l'air qu'elle contenait : c'est une prise instantanée, donnant avec exactitude un échantillon de l'atmosphère extérieure aux feuilles, et comparable, par conséquent, à la prise unique de MM. Bonnier et Mangin.

Le résidu gazeux laissé dans le tube est recueilli dans une seconde prise en poussant le vide, comme d'ordinaire, à un quart de millimètre environ.

1. *C. R.*, t. C, p. 1475 et CI, p. 485.

Azote primitif.. 78,99 $\times$ 637,5 = 50356

Azote final..................... 78,99 $\times$ 330,9 + 77,68 $\times$ 310,4 = 50250

Différence.. 106

Erreur commise sur l'évaluation de l'azote $\frac{106}{50356} = \frac{1}{475}$.

Oxygène primitif calculé d'après l'azote final..................... 12108

Oxygène final................. 16,42 $\times$ 330,9 + 15,99 $\times$ 310,4 = 10397

Oxygène absorbé... 2928

Acide carbonique dégagé......................... 1520 + 1970 = 3490

$$\frac{CO^2}{O} \text{ réel} = 1.19.$$

Dans cette expérience la pression du gaz final 330,9 + 310,4 = 641,3 est supérieure à 637,5, pression initiale. Il en est de même dans les expériences qui suivent.

EXPÉRIENCE XVI (21 juillet 1885).

Densité de chargement $\frac{1}{20}$; 1 heure à 35°.

	GAZ PRIMITIF; T = 23°,0.			1re PRISE; T = 23°,9.				2e PRISE; T = 23°,7.			
	Lecture.	Baromètre.	Pressions réelles.	Lecture.	Baromètre.	Pressions réelles. à 23°,9.	Pressions réelles. à 23°,0.	Lecture.	Baromètre.	Pressions réelles. à 23°,7.	Pressions réelles. à 23°,0.
Gaz à analyser...	— 84.8	769.5	663.8	— 448.0	769.1	299.1	298.2	— 379.8	769.3	367.7	366.8
Après KO, HO...	— 85.8	—	662.8	— 454.1	—	293.0	292.1	— 389.3	—	358.2	357.4
Avec hydrogène.	+ 376.9	—	1125.5	— 139.0	—	608.1	606.2	— 102.5	—	645.0	643.5
Après détonation.	— 38.2	—	710.4	— 310.0	—	437.1	435.8	— 311.0	—	436.5	435.5
CO^2............		0.15			2.05				2.58		
O..............		20.84			19.05				18.90		
Az.............		79.01			78.90				78.52		
$\frac{CO^2}{O}$		—			1.40				1.34		
$\frac{Az}{O}$		—			4.14				4.15		

Azote primitif................................. 79,01 $\times$ 663,8 = 52446

Azote final..................... 78,90 $\times$ 298,2 + 78,52 $\times$ 366,8 = 52329

Différence.. 117

Erreur commise sur l'évaluation de l'azote $\frac{117}{52446} = \frac{1}{448}$.

Oxygène primitif calculé d'après l'azote final 13876
Oxygène final .... 19,05 × 298,2 + 18,90 × 366,8 = 12613

Oxygène absorbé 1263
Acide carbonique dégagé .... 610 + 940 = 1550

$$\frac{CO^2}{O} \text{ réel} = 1,23.$$

EXPÉRIENCE XVII (24 JUILLET 1885).

Densité de chargement $\frac{1}{40}$; 3 heures à 35°.

	GAZ PRIMITIF; T = 23°,6.			1re PRISE; T = 24°,15.				2e PRISE; T = 24°,4.			
	Lecture.	Baromètre.	Pressions réelles.	Lecture.	Baromètre.	Pressions réelles. à 24°,15.	Pressions réelles. à 23°,6.	Lecture.	Baromètre.	Pressions réelles. à 24°,4.	Pressions réelles. à 23°,6.
Gaz à analyser..	— 62.2	768.5	684.7	— 419.9	768.5	326.2	325.6	— 384.2	768.4	361.5	360.5
Après KO, HO...	— 63.2	—	683.7	— 431.9	—	314.2	313.6	— 398.5	—	347.2	346.3
Avec hydrogène..	+ 384.9	—	1131.8	— 132.3	—	613.8	612.7	— 145.5	768.3	600.1	598.5
Après détonation.	— 44.1	—	702.8	— 305.9	—	440.2	439.4	— 336.9	—	408.7	407.6
CO^2............		0.14			3.68				3.95		
O............		20.88			17.74				17.65		
Az............		78.98			78.58				78.40		
$\frac{CO^2}{O}$		—			1.19				1.26		
$\frac{Az}{O}$		—			4.43				4.44		

Azote primitif .... 78,98 × 684,7 = 54078
Azote final .... 78,58 × 325,6 + 78,40 × 360,5 = 53849

Différence 229

Erreur commise sur l'évaluation de l'azote $\frac{229}{54078} = \frac{1}{236}$.

Oxygène primitif calculé d'après l'azote final 14280
Oxygène final .... 17,74 × 325,6 + 17,65 × 360,5 = 12139

Oxygène absorbé 2141
Acide carbonique dégagé .... 1200 + 1420 = 2620

$$\frac{CO^2}{O} \text{ réel} = 1,22.$$

Les deux expériences suivantes sont encore relatives au Fusain à 35°; mais les analyses de gaz ont été faites à l'aide du chlorure cuivreux. Les autres expériences ont été effectuées à 0°.

	EXPÉRIENCE XVIII 28 avril 1885; 1 heure 1/2 à 35°. DENSITÉ de chargement : $\frac{1}{10}$ environ.			EXPÉRIENCE XIX 23 avril 1885; 2 heures 1/2 à 35°. DENSITÉ de chargement : $\frac{1}{20}$ environ.		
	Gaz primitif.	1re prise.	2e prise.	Gaz primitif.	1re prise.	2e prise.
Acide carbonique...	—	1.90	1.80	—	1.94	1.55
Oxygène..........	4.74	1.00	0.67	4.12	0.80	0.49
Azote............	17.96	10.61	7.38	15.58	9.54	6.02
Gaz total..........	22.70	13.51	9.85	19.70	12.28	8.06
$\frac{CO^2}{O}$..........	—	1.05 (app.)	.40	—	1.12 (app.)	1.41
$\frac{Az}{O}$..........	—	10.6	11.0	—	11.9	12.2
$\frac{CO^2}{O}$ réel..........	1.21			1.23		

EXPÉRIENCE XX (10 août 1885).

Densité de chargement $\frac{1}{5}$; 3 heures 1/2 à 0°.

	GAZ PRIMITIF; T = 22°,3.			1re PRISE; T = 22°,9.				2e PRISE; T = 23°,3.			
	Lecture.	Baromètre.	Pressions réelles.	Lecture.	Baromètre.	Pressions réelles. à 22°,9.	Pressions réelles. à 22°,3.	Lecture.	Baromètre.	Pressions réelles. à 23°,3.	Pressions réelles. à 22°,3.
Gaz à analyser..	— 175.7	756.3	560.6	— 463.4	755.8	271.7	271.2	— 445.0	755.5	289.2	288.2
Après KO,HO...	— 179.8	—	556.5	— 468.4	—	266.7	266.2	— 460.0	755.3	274.0	273.1
Avec hydrogène.	+ 200.7	—	937.0	— 206.5	—	528.6	527.5	— 180.2	—	553.8	551.9
Après détonation.	— 140.3	—	596.0	— 351.9	—	383.2	382.4	— 328.0	—	406.0	404.6
CO^2..........	0.73			1.84				5.26			
O..........	20.27			17.84				17.03			
Az..........	79.00			80.32				77.71			
$\frac{CO^2}{O}$..........	—			0.53 (apparent)				1.47			
$\frac{Az}{O}$..........	—			4.50				4.56			

Erreur commise sur l'évaluation de l'azote $\frac{1}{402}$; $\frac{CO^2}{O}$ réel, calculé d'après l'azote final, 1,02.

EXPÉRIENCE XXI (22 août 1885).

Densité de chargement $\frac{1}{10}$; 8 heures à 0°.

	Gaz primitif ; T = 21°,6.			1re prise ; T = 21°7.				2e prise ; T = 21°,95.			
	Lecture.	Baromètre.	Pressions réelles.	Lecture.	Baromètre.	Pressions réelles. à 21°,7.	Pressions réelles. à 21°,6.	Lecture.	Baromètre.	Pressions réelles. à 21°,95.	Pressions réelles. à 21°,6
Gaz à analyser..	— 115.1	758.6	624.3	— 438.1	758.5	301.1	301.0	— 414.9	758.2	323.7	323.3
Après KO, HO...	— 116.8	—	622.6	— 445.6	—	293.6	293.5	— 428.5	—	310.1	309.7
Avec hydrogène.	+ 186.8	—	926.2	— 213.5	—	525.7	525.5	— 223.9	—	514.7	514.1
Après détonation.	— 202.9	—	536.5	— 376.2	—	363.0	362.9	— 395.3	—	343.3	342.9
CO^2............		0.27			2.49				4.20		
O...............		20.81			18.01				17.65		
Az..............		78.92			79.50				78.15		
$\frac{CO^2}{O}$..........		—			0.84 (apparent).				1.37		
$\frac{Az}{O}$...........		—			4.41				4.43		

Erreur commise sur l'évaluation de l'azote $\frac{1}{675}$; $\frac{CO^2}{O}$ réel, calculé d'après l'azote final, 1,10

EXPÉRIENCE XXII (2-4 septembre 1885).

Densité de chargement $\frac{1}{20}$; 38 heures à 0°.

	Gaz primitif ; T = 18°,8.			1re prise ; T = 18°,8.			2e prise ; T = 19°,1.			
	Lecture.	Baromètre.	Pressions réelles.	Lecture.	Baromètre.	Pressions réelles.	Lecture.	Baromètre.	Pressions réelles. à 19°,1.	Pressions réelles. à 18°,8.
Gaz à analyser....	— 86.7	752.7	649.9	— 415.6	752.5	320.8	— 407.2	752.3	328.7	328.3
Après KO, HO.....	— 87.1	—	649.5	— 423.2	—	313.2	— 418.3	—	317.6	317.3
Avec hydrogène...	+ 271.9	—	1008.5	— 253.9	—	482.5	— 189.8	—	546.1	545.5
Après détonation..	— 136.9	—	590.7	— 430.4	—	306.0	— 369.0	—	366.9	366.5
CO^2..............		0.03			2.37				3.38	
O...............		20.96			18.34				18.17	
Az..............		78.98			79.29				78.45	
$\frac{CO^2}{O}$..........		—			0.88				1.29	
$\frac{Az}{O}$...........		—			4.32				4.32	

Erreur commise sur l'évaluation de l'azote $\frac{1}{386}$

$\frac{CO^2}{O}$ réel, calculé d'après l'azote final 1,08.

Les nombres inscrits dans ces tableaux expriment en centimètres cubes les volumes corrigés de chacun des gaz quand les analyses ont été faites au chlorure cuivreux, leur pression en millimètres de mercure quand on s'est servi de l'eudiomètre.

Les expériences qui suivent ont été faites encore sur le Fusain, à 0°, avec une densité de chargement voisine de $\frac{1}{6}$. Analyses au chlorure cuivreux.

	EXPÉRIENCE XXIII. 3 mai 1885; 7 heures à 0°.			EXPÉRIENCE XXIV. 2 mai; 7 heures à 0°.			EXPÉRIENCE XXV. 2 mai; 6 heures à 0°.			EXPÉRIENCE XXVI. 3 mai; 7 heures à 0°.		
	Gaz primitif.	1re prise.	2e prise.	Gaz primitif.	1re prise.	2e prise.	Gaz primitif.	1re prise.	2e prise.	Gaz primitif.	1re prise.	2e prise.
Acide carbonique.	—	0.70	1.09	—	1.13	1.78	—	1.14	1.87	—	0.74	1.19
Oxygène	3.78	1.36	0.74	4.36	1.00	0.63	3.59	0.65	0.30	4.56	1.68	0.97
Azote............	14.32	9.32	5.01	16.49	10.30	6.25	13.61	9.00	4.55	17.24	10.49	6.88
Gaz total.........	18.10	11.38	6.84	20.85	12.52	8.66	17.20	10.79	6.72	21.80	12.91	9.04
$\frac{CO^2}{O}$	—	0.64	1.86	—	0.69	1.74	—	0.66	2.07	—	0.67	1.40
$\frac{Az}{O}$	—	6.8	6.8	—	9.4	9.9	—	13.8	15.0	—	6.2	7.0
$\frac{CO^2}{O}$ réel........	1.06			1.10			1.14			1.01		

Dans ces tableaux nous avons fait figurer le rapport $\frac{Az}{O}$ de l'azote dosé à l'oxygène dosé pour montrer que, d'une prise à l'autre, il ne se produit pas d'absorption sensible d'oxygène et que, par suite, dans cet intervalle de temps, la respiration normale ne modifie en rien la composition de l'atmosphère des tubes. Ce rapport est en effet le même dans les deux prises, sauf pour les expériences XXV et XXVI, qui sont anormales à ce point de vue et dont les résultats ne doivent être acceptés qu'avec certaines réserves. Nous croyons pouvoir conclure de là que la respiration intra-cellulaire,

presque toujours moins active que la respiration normale, n'a pas davantage le temps d'agir, en d'autres termes que l'excès d'acide carbonique que l'on trouve constamment dans les gaz de la seconde prise provient bien de l'atmosphère des feuilles et non d'un phénomène de fermentation.

La constance remarquable du rapport $\frac{Az}{O}$ démontre en outre que l'oxygène et l'azote ne sont pas sensiblement retenus par les tissus végétaux, dans les conditions où nous avons opéré.

§ 2. — L'acide carbonique que retiennent les feuilles se trouve dissous dans le suc cellulaire.

Les expériences que nous venons d'exposer montrent que la différence entre les valeurs apparentes et réelles du rapport $\frac{CO^2}{O}$ est, toutes choses égales d'ailleurs, plus grande à 0° qu'à 35°. Cette circonstance, jointe à l'influence de la densité de chargement, nous a fait penser que l'acide carbonique qui se dégage par le vide est sans doute dissous dans l'eau qui gorge la feuille, et, pour voir jusqu'à quel point cette hypothèse se vérifierait, nous avons appliqué à nos expériences le calcul des solubilités.

Admettons que les feuilles aient une densité égale à 1, ce qui nous permettra de représenter leur poids et leur volume par un même nombre v; représentons par s le coefficient d'absorption[1] de l'acide carbonique par les feuilles, par $\frac{1}{K}$ la densité de chargement, par V le volume de l'appareil qu'on emploie.

Soient enfin R et x les rapports $\frac{CO^2}{O}$ apparents et réels, m le percentage de l'acide carbonique trouvé dans la première prise de gaz et m' celui qu'on aurait obtenu en faisant l'analyse des gaz intérieurs et extérieurs à la feuille mélangés.

L'acide carbonique formé est, en négligeant la variation de volume très petite qui se produit pendant la respiration : $(V - v)\,m'$.

D'autre part l'acide carbonique contenu dans l'atmosphère extérieure aux feuilles est égal à $(V - v)\,m$, et les feuilles en retiennent vsm. Donc :

$$(V - v)m' = (V - v)m + vsm,$$

1. Il serait plus exact de dire le *coefficient de retenue*.

d'où, en remplaçant $\frac{V}{v}$ par K et $\frac{m'}{m}$ par le rapport sensiblement égal $\frac{x}{R}$

$$x = R\left(1 + \frac{s}{K - 1}\right).$$

Il doit donc exister une relation simple entre les valeurs apparentes et réelles de $\frac{CO^2}{O}$ et la densité de chargement, et cette relation est indépendante de la richesse en acide carbonique de l'air où respire la feuille, ce qui est conforme aux données de l'expérience.

Cette relation permettrait de calculer aisément s, si tous les autres termes étaient connus avec une exactitude rigoureuse, mais il faut bien se rappeler que les nombres R et x sont seulement approchés à 1/20 près ; toutes les erreurs commises dans leur détermination vont alors se reporter sur s, et il ne faut pas compter pouvoir obtenir sa valeur par la simple résolution de l'équation précédente.

Tout ce que l'on peut faire, c'est de chercher s'il existe une valeur constante qui, substituée à s dans cette équation, la vérifie d'une manière approchée pour toutes les densités de chargement.

Les tableaux suivants, qui résument les résultats d'expériences déjà indiquées, montrent que cette vérification est aussi satisfaisante que possible.

FUSAIN DU JAPON A 35° ; $s = 1,50$.

DENSITÉS de chargement.	$\frac{1}{5}$		$\frac{1}{10}$		$\frac{1}{20}$		$\frac{1}{40}$	
	Vide.	Compensation.	Vide.	Compensation.	Vide.	Compensation.	Vide.	Compensation.
Valeurs trouvées de x..........	1.16	1.23	1.19	1.20	1.23	1.20	1.22	1.20
Valeurs de R. trouvées..............	0.81	0.86	1.01	1.04	1.10	1.13	1.19	1.19
Valeurs de R. calculées pour $x = 1.2$.	0.84		1.03		1.11		1.16	

FUSAIN DU JAPON A 0°; $s = 3,2$.

DENSITÉS DE CHARGEMENT.		$\frac{1}{5}$.	$\frac{1}{10}$.	$\frac{1}{20}$.
Valeurs trouvées de x		1.02	1.10	1.08
Valeurs de R.	trouvées	0.56	0.85	0.92
	calculées pour $x = 1,07$.	0.59	0.79	0.91

Il a été impossible de déterminer le rapport $\frac{CO^2}{O}$ à 0° avec une densité de chargement inférieure à $\frac{1}{20}$ à cause de la durée énorme qu'exige l'expérience; quant à la méthode de compensation, nous avons déjà fait observer qu'elle est impraticable aux basses températures.

Il résulte de la concordance entre les nombres observés et les nombres calculés que l'acide carbonique est retenu par les feuilles conformément aux lois de la solubilité des gaz; mais nous avons dû donner à s, pour obtenir cette concordance, des valeurs notablement plus élevées que le coefficient d'absorption de l'acide carbonique par l'eau.

Nous avons voulu compléter cette étude en cherchant, d'une manière directe, cette fois, si les feuilles sont réellement capables de

EXPÉRIENCE XXVII (11 septembre 1885).

Densité de chargement $\frac{1}{10}$. Température, 20°.

	GAZ PRIMITIF; T = 17°,0.			GAZ EXTRAIT; T = 17°,4-17°,5.		
	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.
Gaz analysé	— 125.9	754.3	614.0	— 407·1	755.3	333.4
Après KO,HO	— 218.4	754.9	522.1	— 452.5	755.9	288.5
Avec hydrogène	+ 74.1	755.0	814.7	— 248.0	756.0	493.1
Après détonation	— 254.0	—	486.6	— 427.5	—	313.6
CO^2	14.96			13.47		
O	17.81			17.95		
Az	67.23			68.58		

dissoudre l'acide carbonique, et, pour le savoir, nous avons laissé séjourner des feuilles dans de l'air additionné systématiquement d'une quantité connue d'acide carbonique, pendant un laps de temps assez court (15 minutes en moyenne) pour que les phénomènes de la respiration ne vinssent pas par eux-mêmes modifier la composition de cette atmosphère artificielle, puis nous avons analysé l'air que l'on extrait du tube, à la fin de l'expérience, par une prise instantanée.

L'expérience a été faite à 0° et à 20°, sur le Fusain du Japon.

EXPÉRIENCE XXVIII (28 septembre 1885).

Densité de chargement $\frac{1}{10}$. Température, 0°.

	GAZ PRIMITIF; T = 12°,2.			GAZ EXTRAIT; T = 13°,6.		
	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.	Lecture.	Baromètre.	Pression réelle.
Gaz à analyser	— 124.7	759.6	624.3	— 409.1	759.7	339.0
Après KO,HO	— 184.8	—	564.2	— 436.0	—	312.1
Avec hydrogène	+ 96.2	—	845 2	— 204.0	—	544.1
Après détonation	— 258.9	—	490.1	— 390.6	—	348.5
CO^2	9.62			7.93		
O	18.96			19.23		
Az	71.42			72.84		

Ces nombres conduisent à un coefficient d'absorption égal à 2 environ pour la température de 0°, à 1,4 pour la température de 20°, si l'on tient compte de la petite quantité d'acide carbonique que les feuilles ont produit en respirant pendant la durée de l'expérience.

Ces résultats montrent d'une manière irréfutable que les feuilles absorbent directement l'acide carbonique. On remarquera que ces coefficients d'absorption sont plus faibles, surtout à basse température, que les coefficients de retenue *s* précédemment calculés : c'est pour nous la preuve que les feuilles sont, pendant leur respiration nocturne, sursaturées d'acide carbonique, ce qui était facile à prévoir, car si cette sursaturation n'existait pas, il n'y aurait pas de raison pour que l'acide carbonique quittât la feuille et vînt se répandre par diffusion dans l'atmosphère ambiante[1].

1. Nous rappellerons à ce propos que M. Berthelot admet dans les plantes l'exis-

Toute cette partie de notre travail ayant été contestée, il nous faut maintenant examiner les différentes objections qui nous ont été faites.

Il nous semble d'abord, en lisant attentivement les raisons que MM. Bonnier et Mangin donnent en faveur de leur opinion[1], qu'une partie de la discussion repose sur un malentendu, une équivoque, qu'il importe de faire disparaître. Les auteurs pensent que nous entendons, par les mots « atmosphère des feuilles », les gaz qui restent confinés dans les lacunes de leur parenchyme : nous tenons à déclarer ici que jamais nous n'avons parlé de lacunes; au contraire, nous avons, antérieurement au mémoire cité, consacré toute une Note[2] à faire voir que les gaz que nous avons en vue sont dissous dans le suc cellulaire. Et comment d'ailleurs supposer, si pour un instant on admet avec nous que le coefficient d'absorption de l'acide carbonique par les feuilles est plus grand que 1, que ces organes puissent contenir un volume de gaz supérieur à leur propre volume, et par conséquent comprimé, dans des lacunes qui communiquent librement avec l'atmosphère?

Pour nous, nous le répétons, ce sont les gaz *dissous* qui rendent inexacte la méthode de l'air confiné, et, puisque, des trois gaz qui composent l'atmosphère, l'acide carbonique est incomparablement le plus soluble, c'est sur lui et non sur l'oxygène que porte l'erreur que l'on commet quand on néglige l'atmosphère des feuilles.

Dans les conditions normales, quand une feuille reste à l'obscurité dans une atmosphère indéfinie d'air pur, l'acide carbonique qu'elle produit se diffuse rapidement, et ce n'est que par exception qu'on en trouvera dans ses tissus une quantité suffisante pour qu'il soit indispensable d'en tenir compte. Quand, au contraire, la feuille est placée dans une atmosphère confinée, celle-ci, pure au début, se souille peu à peu d'acide carbonique, et la feuille se charge de ce gaz; elle n'est plus, à la fin de l'expérience, dans les mêmes conditions qu'au début, quoiqu'elle soit encore en équilibre avec son atmosphère externe, et celle-ci renferme moins

tence de bicarbonates qui pourraient être partiellement dissociés par l'action du vide à la température ordinaire et qui se reformeraient au contact d'une atmosphère chargée d'acide carbonique.

1. *Ann. des sc. nat.*, *Bot.*, 7e série, t. II, p. 320 et suivantes.

2. *C. R.*, t. CI, p. 1020.

d'acide carbonique qu'il ne s'en est produit : le rapport $\frac{CO^2}{O}$ calculé d'après la composition de l'air confiné dans l'appareil est trop faible.

La critique que nous adressent MM. Bonnier et Mangin à la page 323 de leur dernier mémoire tombe par suite d'elle-même : il n'est pas étonnant, en effet, que nous ayons trouvé les mêmes nombres en analysant les premières prises de gaz avec des feuilles purgées par le vide ou au contraire munies de leur atmosphère interne; cela prouve tout simplement que cette atmosphère était pauvre en acide carbonique, ce qui devait être, car les feuilles étaient toujours mises en tube immédiatement après qu'on les avait cueillies, souvent en plein soleil, dans le petit jardin qui dépend de notre laboratoire. La mesure du gaz initial était généralement faite à la lumière diffuse, et ce n'est qu'ensuite que le tube était porté à l'obscurité; dans ces conditions il ne fallait pas s'attendre à trouver de différence appréciable dans les premières prises, mais bien dans les secondes.

Au même endroit de leur mémoire, MM. Bonnier et Mangin invoquent pour leur défense M. Boussingault lui-même, et renvoient, dans une note, à l'*Agronomie* (t. III, p. 378, et t. IV, p. 269 et suivantes). Au premier de ces passages nous trouvons seulement un tableau d'ensemble, qui résume un grand nombre d'expériences où dans toutes on a tenu compte de l'atmosphère des feuilles, et si nous nous reportons à quelques pages en arrière, nous trouvons un grand nombre de faits favorables à notre opinion; par exemple les gaz extraits des feuilles par M. Boussingault sont formés pour la majeure partie d'acide carbonique, et dans certains cas sa proportion est énorme : c'est ainsi que 5 grammes de menthe aquatique ont donné 15^{cc} de gaz acide carbonique[1]; le même poids de feuilles de pêcher en contenait 12 et 13^{cc}[2], et ces quantités n'ont pas été produites par un phénomène de respiration au sein des appareils de M. Boussingault, car elles ne correspondent nullement au volume d'oxygène qui manque. Elles existaient donc dans les feuilles, et les nombres que nous venons de citer, tout à fait semblables aux nôtres, sont évidemment trop forts pour qu'il puisse être question de gaz emprisonnés dans les lacunes; c'est bien de l'acide

1. *Agronomie*, t. III, p. 294.
2. *Ibid.*, t. III, p. 322 et 324.

carbonique dissous, et l'erreur que M. Boussingault aurait commise en négligeant l'atmosphère des feuilles aurait porté surtout sur l'acide carbonique. Remarquons enfin, avant de quitter ces tableaux d'expériences, si féconds en enseignements utiles, que les feuilles contiennent toujours peu d'acide carbonique quand elles ont été cueillies au soleil.

Au second passage de l'*Agronomie* cité par MM. Bonnier et Mangin, nous lisons, pages 270 et 271, au sujet d'une expérience qui, cette fois, a été faite sur une feuille de laurier-cerise dont on ne connaissait pas l'atmosphère : « Le volume de l'oxygène développé sous l'influence de la lumière excède de près de 2 centimètres cubes le volume de l'acide carbonique disparu. Cela provient probablement de ce que l'accroissement du volume constaté après l'exposition au soleil est dû à une émission de gaz acide carbonique condensé par les feuilles. »

En résumé, nous trouvons dans l'*Agronomie* précisément le contraire de ce que MM. Bonnier et Mangin ont cru y voir, et cette constatation est pour nous de la plus haute importance, car si les gaz que retiennent les tissus végétaux sont rarement négligeables dans l'étude de l'assimilation, alors que les feuilles se trouvent dans des conditions telles qu'elles ne peuvent retenir que peu d'acide carbonique, il est évident qu'ils ne doivent l'être jamais dans l'étude de la respiration, pendant laquelle les feuilles deviennent l'organe producteur de ce gaz.

MM. Bonnier et Mangin font observer ensuite[1] que la pression n'augmente jamais dans leurs appareils, comme cela devrait être s'il se dégageait plus d'acide carbonique qu'il n'est absorbé d'oxygène; au contraire, la pression diminue presque toujours; par conséquent, ajoutent-ils, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est plus petit que l'unité.

Cet argument est fondé sur une confusion : celle du rapport $\frac{CO^2}{O}$ apparent avec le rapport $\frac{CO^2}{O}$ réel; une vérification, quelle qu'elle soit, ne peut être considérée comme sérieuse que si elle est par sa nature même exempte des erreurs qu'il s'agit de rechercher. Or, il est évident que les gaz dissous dans les feuilles n'ont pas de force élastique, et que, par conséquent, ils ne peuvent influencer le mercure d'un manomètre.

1. *Loc. cit.* et *C. R.*, t. C, p. 1520.

Le contrôle manométrique est excellent pour vérifier les valeurs du rapport $\frac{CO^2}{O}$ apparent, ou pour s'assurer que le volume de l'azote ne varie pas, à la condition toutefois qu'on ait démontré à l'avance que ce gaz n'est pas absorbé par les feuilles; il est absolument illusoire et ne peut donner aucune indication en ce qui concerne le rapport $\frac{CO^2}{O}$ réel; aussi ne l'avons-nous jamais employé.

Nous arrivons maintenant à l'objection la plus sérieuse qui ait été soulevée contre nous.

MM. Bonnier et Mangin ont répété nos expériences et ne sont pas arrivés aux mêmes résultats que nous; ils affirment[1] que les deux prises successives dont nous avons parlé présentent la même composition; que la méthode du vide donne pour le rapport $\frac{CO^2}{O}$ la même valeur que la méthode de l'air confiné, enfin que cette valeur est indépendante de la densité de chargement.

Il nous est impossible d'expliquer cette contradiction : l'expérience des deux prises, dont nous venons de donner un certain nombre d'exemples, est un peu délicate, il est vrai, mais elle n'est aucunement capricieuse, et même lorsqu'elle n'est pas réussie, c'est-à-dire quand l'azote trouvé à la fin n'est pas égal à l'azote mesuré au début, ou qu'il en diffère d'une quantité plus grande que celle qui peut être attribuée aux erreurs de mesure ou d'analyse, *toujours* on trouve moins d'acide carbonique dans la première prise que dans la seconde; *toujours* aussi la quantité d'acide carbonique émis *par des feuilles préalablement dépouillées de leur atmosphère interne ou prises dans des conditions telles que cette atmosphère puisse être négligée, dans un volume d'air confiné au plus égal à vingt fois leur propre volume*, diminue, relativement à la quantité d'oxygène absorbé, quand la densité de chargement augmente. A ce double point de vue nous n'avons jamais manqué l'expérience, et nous serions heureux de pouvoir la répéter devant toute personne qui s'intéresse à ce genre de question.

Du reste la méthode de compensation décrite plus haut, et dans laquelle la respiration intra-cellulaire ne peut venir à aucun moment modifier la composition de l'atmosphère ambiante, nous a conduits au même résultat touchant l'influence de la densité de chargement, avec des feuilles qui n'avaient pas été soumises au

1. *C. R.*, t. C, p. 1519 et t. CI, p. 966. *Ann. des sc. nat.*, *loc. cit.*

vide, mais dont l'atmosphère initiale était certainement pauvre en acide carbonique. C'est là une vérification qui ne manque pas d'importance.

D'autre part nous trouvons dans les expériences mêmes de MM. Bonnier et Mangin une contradiction qui nous semble favorable à notre manière de voir : dans une Note présentée tout récemment à l'Académie[1], ces auteurs annoncent que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ déterminé par la méthode de l'air confiné est plus grand quand les feuilles sont exposées aux radiations ultra violettes que lorsqu'elles sont maintenues à l'obscurité ordinaire, et ils concluent de cette augmentation que sans doute l'obscurité ultra violette permet à la fonction chlorophyllienne de s'exercer et de décomposer une partie de l'acide carbonique que les feuilles produisent en respirant. Cest précisément l'inverse qui devrait avoir lieu; en effet, l'éclairement ne modifie en rien, d'après nos contradicteurs eux-mêmes, le rapport de l'acide carbonique émis à l'oxygène absorbé pendant la respiration des plantes, vertes ou non. Le résultat produit par les deux fonctions de respiration et d'assimilation doit donc être le même, que ces deux phénomènes contraires s'accomplissent simultanément ou successivement. Considérons ce dernier cas qui est plus facile à discuter et soumettons une plante, maintenue d'abord quelques heures à l'obscurité, à l'action des rayons solaires, pendant un temps assez court pour qu'il reste encore de l'acide carbonique non décomposé : la fonction chlorophyllienne dominant alors la fonction de respiration, il apparaîtra juste autant d'oxygène qu'il a disparu d'acide carbonique; les deux termes du rapport $\frac{CO^2}{O}$ relatif à la respiration normale se trouveront diminués chacun d'un même nombre, et, si ce rapport est plus petit que 1, ainsi que l'admettent les auteurs, sa valeur décroîtra progressivement jusqu'à devenir nulle à mesure que l'exposition au soleil sera plus longtemps prolongée[2]. MM. Bonnier et Mangin trouvent qu'elle augmente, donc la valeur qu'ils admettent pour le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est trop faible, ou bien la fonction respiratoire se

1. *C. R.*, t. CII, p. 123.

2. C'est sans doute par erreur que MM. Bonnier et Mangin disent, au commencement de leur note, que la fonction chlorophyllienne, en se superposant à la fonction respiratoire, doit faire croître la valeur de $\frac{CO^2}{O}$.

EXPÉRIENCE XXXI (22 mai 1885).

On fait une nouvelle détermination sur des feuilles prises aux mêmes branches, maintenues depuis 48 heures à l'obscurité.

	GAZ PRIMITIF.	GAZ FINAL.
Acide carbonique	—	3.10
Oxygène	3.72	1.17
Azote	14.01	13.93
Volume total	17.73	18.20
$\frac{CO^2}{O}$	1.22	

Le 22 mai 1885, on partage un bouquet de rameaux de Pin noir d'Autriche en deux parties égales : l'une est mise à l'obscurité, l'autre reste exposée à la lumière diffuse du laboratoire. Après 24 heures on détermine sur chacune d'elles la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$ à 35°.

1° BRANCHES RESTÉES A LA LUMIÈRE.

	EXPÉRIENCE XXXII.		EXPÉRIENCE XXXIII.	
	Gaz primitif.	Gaz final.	Gaz primitif.	Gaz final.
Acide carbonique	—	3.57	—	3.40
Oxygène	4.50	1.13	3.78	0.56
Azote	17.05	17.12	14.33	14.29
Volume total	21.55	21.82	18.11	18.25
$\frac{CO^2}{O}$	1.07		1.06	

2° BRANCHES MAINTENUES 24 HEURES A L'OBSCURITÉ.

	EXPÉRIENCE XXXIV.		EXPÉRIENCE XXXV.		EXPÉRIENCE XXXVI.	
	Gaz primitif.	Gaz final.	Gaz primitif.	Gaz final.	Gaz primitif.	Gaz final.
Acide carbonique	—	2.35	—	3.10	—	2.30
Oxygène	3.78	1.57	4.57	1.62	3.80	1.60
Azote	14.30	14.28	17.29	17.28	14.40	14.30
Volume total	18.08	18.20	21.86	22.00	18.20	18.20
$\frac{CO^2}{O}$	1.07		1.05		1.05	

III. *Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est, dans des limites très étendues, indépendant de la pression partielle de l'oxygène ou de l'acide carbonique dans l'atmosphère ambiante.* — Cette proposition, énoncée par Bœhm, Rischawi, Wolkoff et Mayer, Godlewski, et tout récemment par MM. Bonnier et Mangin, n'a été déduite jusqu'à présent que d'expériences dans lesquelles on ne tenait pas compte de l'atmosphère des feuilles; elle restait donc douteuse. Nous avons eu maintes fois l'occasion d'en vérifier l'exactitude : les expériences précédentes donnent déjà plusieurs preuves de cette indépendance; en voici d'autres plus démonstratives encore, dans lesquelles on a remplacé l'air commun par des atmosphères artificielles riches en oxygène, et où il s'est produit jusqu'à 40 p. 100 d'acide carbonique sans que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ en soit altéré.

FUSAIN DU JAPON A 35°. ANALYSES AU CHLORURE CUIVREUX.

	EXPÉR. XXXVII. 29 juin 1885.		EXPÉR. XXXVIII. 5 juillet 1885.		EXPÉR. XXXIX. 11 juillet 1885.		EXPÉR. XL. 11 juillet 1885.	
	Gaz primitif.	Gaz final.	Gaz primitif.	Gaz final.	Gaz primitif.	Gaz final.	Gaz primitif.	Gaz final.
Acide carbonique.	—	2.40	0.14	2.78	0.23	6.97	0.23	8.05
Oxygène........	9.62	7.50	7.66	5.45	9.68	4.08	8.22	1.61
Azote...........	12.93	12.91	14.78	14.77	12.68	12.66	10.54	10.57
Volume total....	22.55	22.90	22.58	23.00	22.59	23.71	18.99	20.23
$\frac{CO^2}{O}$	1.19		1.19		1.20		1.18	

On remarquera que, dans ces expériences, l'accroissement du volume gazeux total est des plus manifestes, ce qui démontre, en dehors de toute analyse, que la valeur de $\frac{CO^2}{O}$ est plus grande que 1.

IV. *Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ réel croît avec la température.* — Cette relation du rapport des gaz échangés pendant la respiration nocturne avec la température a été signalée pour la première fois par MM. Dehérain et Moissan; affirmée depuis par M. Moissan, elle a été enfin niée formellement par MM. Bonnier et Mangin[1].

1. *C. R.*, t. C, p. 1092 et *Ann. des sc. nat.*, *Bot.*, 6e série, t. XIX, p. 254.

Nous avons déjà donné quelques résultats obtenus sur le Fusain du Japon à 0° et à 35°; en voici d'autres relatifs à deux autres espèces.

PIN SYLVESTRE.

Température 0°. — Analyses au chlorure cuivreux.

	EXPÉRIENCE XLI (17 mai 1885).		EXPÉRIENCE XLII (17 mai 1885).		EXPÉRIENCE XLIII (17 mai 1885).	
	Gaz primitif.	Gaz final.	Gaz primitif.	Gaz final.	Gaz primitif.	Gaz final.
Acide carbonique.	—	2.25	—	1.70	—	1.90
Oxygène...............	4.56	2.04	3.84	2.01	3.85	1.81
Azote.................	17.28	17.21	14.51	14.44	14.59	14.59
Volume total..........	21.84	21.50	18.35	18.15	18.44	18.30
$\frac{CO^2}{O}$	0.89		0.93		0.93	

PIN NOIR D'AUTRICHE.

Température 0°. — Analyses au chlorure cuivreux.

	EXPÉRIENCE XLIV (25 mai 1885).		EXPÉRIENCE XLV (25 mai 1885).		EXPÉRIENCE XLVI (26 mai 1885).		EXPÉRIENCE XLVII (26 mai 1885).	
	Gaz primitif	Gaz final.	Gaz primitif.	Gaz final.	Gaz primitif.	Gaz final.	Gaz primitif.	Gaz final.
Acide carbonique.	—	0.95	—	0.87	—	2.87	—	3.15
Oxygène........	3.42	2.29	4.21	3.13	3.37	0.17	3.37	0.13
Azote...........	12.94	13.06	15.92	16.02	12.75	12.78	12.78	12.82
Volume total....	16.36	16.30	20.13	20.02	16.12	15.82	16.15	16.10
$\frac{CO^2}{O}$	0.84		0.80		0.90		0.97	

Les nombres trouvés dans les deux dernières expériences sont certainement trop forts, car il ne restait plus dans l'atmosphère finale que 1 p. 100 d'oxygène, ou moins, proportion pour laquelle la respiration intra-cellulaire commence à être sensible.

Rapprochons maintenant tous les résultats relatifs aux températures de 0° et de 35°.

VALEUR DU RAPPORT RÉEL $\frac{CO^2}{O}$ A 0° ET A 35° (ÉTÉ 1885).

FUSAIN DU JAPON.			PIN SYLVESTRE.		PIN D'AUTRICHE.	
35°.		0°.	35°.	0°.	35°.	0°.
1.24	1.21	1.06	1.04	0.89	1.06	0.84
1.20	1.22	1.10	1.04	0.93	1.07	0.80
1.22	1.23	1.01 *	1.06	0.93	1.07	0.90 *
1.19	1.19	1.14 *	—	—	1.05	0.97 *
1.19	1.16	1.08	—	—	1.05	—
1.20	1.20	1.10	—	—	—	—
1.18	1.24	1.02	—	—	—	—
1.23	1.20	—	—	—	—	—
Moyennes.			Moyennes.		Moyennes.	
1.20		1.07	1.05	0.92	1.06	0.88

On voit que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est sensiblement plus élevé à 35° qu'à 0°, ce qui justifie la conclusion énoncée autrefois par MM. Dehérain et Moissan.

Nous devons dire cependant que nous avons trouvé pour l'If, pendant la saison d'hiver 1884-1885, le même nombre 0,95 à 0° et à 35°; il serait dès lors possible que cette variation, observée sur le Fusain, le Pin sylvestre et le Pin d'Autriche, ne fût pas générale; mais les analyses de gaz, dans le cas de l'If, avaient été faites un peu grossièrement, à l'aide du pyrogallate de potasse, et nous ne considérons pas ces expériences comme suffisamment exactes pour devoir être rapportées ici.

Dans une de leurs dernières Notes[1], MM. Bonnier et Mangin essaient de montrer que les différences que nous signalons pour la valeur de $\frac{CO^2}{O}$ observée aux diverses températures sont du même ordre que celles que l'on constate entre les divers nombres d'une même série : par conséquent, ajoutent-ils, « MM. Dehérain et Maquenne, en perfectionnant les méthodes et les procédés d'analyse de MM. Dehérain et Moissan, démontrent l'inexactitude des chiffres publiés par ces derniers auteurs. On voit que la note de MM. Dehé-

* Les expériences marquées d'un astérisque présentent quelques irrégularités, soit dans la valeur des rapports $\frac{Az}{O}$ lorsqu'elles ont été faites par la méthode des deux prises (Fusain) soit dans la composition de l'atmosphère finale (Pin d'Autriche). Nous avons cru cependant devoir les donner pour faire voir que les différences que nous signalons sont supérieures aux erreurs d'expérience.

1. *C. R.*, t. CI, p. 1173.

rain et Maquenne, loin d'infirmer sur ce point ce que nous avons énoncé, vérifie d'une manière presque complète la loi que nous avons établie. »

Dans les *Ann. des sc. nat.*, *Bot.*, t. II, p. 329, nous lisons, en note, les lignes suivantes qui sont peut-être plus explicites encore :

« Nous ne nous sommes pas préoccupés, dans ces expériences de contrôle, de maintenir les plantes étudiées à la même température, car, ainsi que nous l'avons démontré à plusieurs reprises, le rapport des gaz échangés par la respiration est indépendant de la température, à un moment donné. Tout récemment, MM. Dehérain et Maquenne, dans une Note présentée à l'Académie le 16 novembre 1885, ont vérifié nettement cette indépendance du rapport des gaz échangés avec les conditions extérieures et, par suite, ont démontré, après nous, l'inexactitude des résultats et des conclusions publiés en 1874 par MM. Dehérain et Moissan. »

Inspirés évidemment par le désir de voir l'accord se faire entre des expérimentateurs animés tous du même désir, la recherche de la vérité, MM. Bonnier et Mangin ont mal traduit notre pensée : ce sont leurs conclusions et non celles de MM. Dehérain et Moissan que nous avons combattues et que nous combattons encore, car il nous est impossible de considérer, dans une moyenne générale, les nombres 1,07 et 1,20; 0,92 et 1,05; 0,88 et 1,06 comme identiques, surtout quand le maximum trouvé à 0° est, dans tous les cas, inférieur au minimum trouvé à 35°.

La différence est réelle, et en dehors de toute cause d'erreur accidentelle, les extractions de gaz et les analyses ayant toujours été faites dans les mêmes conditions et à la température du laboratoire, par des méthodes sûres et irréprochables. D'ailleurs cette différence est assez faible, et on conçoit aisément qu'elle ait échappé au mode d'investigation de MM. Bonnier et Mangin, qui laisse passer inaperçue une erreur de 25 p. 100 sur la valeur du rapport $\frac{CO}{O}$ réel.

Si nous insistons sur ce point de détail insignifiant en apparence, c'est qu'il nous paraît démontrer que l'absorption d'oxygène n'est pas reliée au dégagement d'acide carbonique par une relation aussi invariable, aussi rigoureusement fixe qu'on est naturellement porté à le croire si l'on suppose que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est indépendant des conditions extérieures. Dès lors il nous semble que toutes les dis-

cussions qui ont trait à la définition même de la respiration végétale ne doivent être considérées que comme des finesses de langage ou des appréciations personnelles, et qu'il est au moins prématuré de vouloir déduire quelque conclusion précise à ce sujet de connaissances et de faits supposés acquis, mais le plus souvent inexacts, comme nous venons de le voir.

Nous en dirons autant de la variation du rapport $\frac{CO^2}{O}$ avec le développement de la plante ; nous ne nous en sommes aucunement préoccupés dans ce travail, parce qu'il nous semble qu'on ne doit se livrer à une recherche aussi longue et aussi délicate que lorsqu'on est en possession d'une méthode irréprochable et indiscutée.

V. *Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ réel dépasse fréquemment l'unité.* — Le tableau qui précède montre que, à 35°, le rapport de l'acide carbonique produit à l'oxygène absorbé est plus grand que 1 ; cette conclusion, qui rappelle celle de M. Godlewski au sujet de la maturation des graines oléagineuses, permet d'expliquer la présence, dans les végétaux, d'une quantité d'hydrogène supérieure à celle qu'ils devraient contenir s'ils étaient entièrement formés d'hydrates de carbone.

Pendant la respiration des feuilles de Fusain, jeunes ou adultes, ou des aiguilles de certaines espèces résineuses, comme le Pin sylvestre ou le Pin d'Autriche à haute température, il y a donc perte d'oxygène, et non pas oxydation continue, comme le veulent MM. Bonnier et Mangin. Il y a là sans doute un fait d'une grande généralité, que nous espérons pouvoir étendre à un plus grand nombre d'espèces végétales.

Nous avons donc réussi, dans ce travail, à vérifier quelques conclusions admises déjà par un grand nombre de personnes et à établir quelques points nouveaux qu'il nous reste à généraliser. Nous avons en outre proposé deux méthodes nouvelles qui nous paraissent capables de rendre service dans l'étude des échanges gazeux qui se produisent entre l'atmosphère et les plantes ; notre plus vif désir est de les voir entrer dans le domaine de la physiologie végétale, où elles permettront, croyons-nous, d'élucider complètement ces questions si controversées des échanges gazeux qui se produisent pendant la germination et la respiration.

DISSOLUTION DE L'AMIDON DANS LES FEUILLES

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA MIGRATION DES MATIÈRES HYDROCARBONÉES DANS L'ORGANISME VÉGÉTAL

PAR

M. LÉON BRASSE

Licencié ès sciences, préparateur au Collège de France.

J'ai commencé il y a environ deux ans des recherches en vue d'élucider, autant qu'il me sera possible, le mécanisme de la formation et de l'utilisation des réserves transitoires de l'organisme végétal et j'avais débuté dans cette voie par l'étude de la dissolution de l'amidon formé dans la feuille sous l'influence des radiations lumineuses. A cette époque j'avais obtenu quelques résultats intéressants et je m'étais borné à les consigner dans deux notes présentées à l'Académie des sciences en 1884, et au commencement de 1885[1], me réservant de publier plus tard sur ce sujet un travail d'ensemble dans les *Annales agronomiques*. Depuis lors, j'ai interrompu ces recherches pour m'adresser à un autre ordre de phénomènes qui me permettra, je crois, d'atteindre plus aisément la solution du problème que je me suis posé. Néanmoins, comme les résultats auxquels j'étais arrivé, quelque incomplets qu'ils fussent, ne sont pas sans jeter quelque jour sur la question, que de plus M. Schimper, dans un travail récent qui a été traduit dans le dernier numéro des *Annales agronomiques*, vient de confirmer ce que j'avais annoncé, et que M. Cuboni déduit, de ses recherches sur le même sujet, des conclusions opposées à celles de M. Schimper et par conséquent aux miennes, je ne crois pas devoir différer la publication de mon travail.

L'assimilation de l'acide carbonique sous l'influence des radiations lumineuses se traduit par un dépôt d'amidon dans les cellules assimilatrices, sans qu'on ait pu reconstituer jusqu'à présent d'une façon péremptoire le cycle de transformations dont l'amidon est le terme.

Cet amidon fonctionne comme réserve transitoire, c'est-à-dire qu'il est destiné à subir une transformation qui le rendra soluble. Le produit de cette transformation chemine alors dans la plante

1. *C. R. Ac. des Sc.*, t. 99, p. 878; t. 100 p. 454.

pour aller former ici de nouveaux tissus, là de nouvelles réserves.

C'est ainsi qu'on se rendait compte du phénomène de l'assimilation; quant à l'acte intime de la dissolution de l'amidon dans la cellule chlorophyllienne, on en était à peu près réduit aux conjectures, lorsque j'ai constaté la présence dans les feuilles d'une diastase analogue à celle du malt et lorsque j'ai montré que dans certaines conditions elle transforme l'amidon cru en un sucre réducteur.

Les feuilles sont contusées dans un mortier puis mises en digestion dans l'eau froide. Au bout de vingt-quatre heures on presse, on additionne le jus d'un volume et demi d'alcool à 90° G.-L. et on filtre. Le liquide filtré est de nouveau additionné de la même quantité d'alcool; on laisse déposer, ce qui ne demande que quelques minutes, on siphonne le liquide clair et on jette le précipité sur un filtre où on le lave une ou deux fois avec de l'alcool à 65° G.-L. Les dernières opérations demandent à être menées rapidement afin que la diastase soit le moins longtemps possible en contact avec l'alcool fort.

On dissout le précipité obtenu dans de l'eau et on filtre. Pour déceler la présence de la diastase dans la dissolution, on en introduit 10^{cc} dans un flacon contenant $0^{gr},5$ d'amidon transformé en empois.

Les flacons ainsi préparés reçoivent quelques gouttes de chloroforme; on les bouche et on met au bain-marie à une température de 63°. Ils y sont accompagnés d'un nombre égal de flacons contenant la solution diastasique seule.

On dose le sucre réducteur par différences. L'examen a porté sur les feuilles de pomme de terre, dahlia, topinambour, maïs, betterave, tabac, ricin, ainsi que sur les graines en voie de formation de pavot à opium, d'œillette, de grand soleil et de ricin.

On n'a jamais constaté la présence des microbes et dans tous les cas l'amidon a été transformé comme à l'ordinaire en donnant un sucre réducteur mélangé de dextrine.

C'est là un premier point établi, mais cela ne nous suffit pas pour expliquer la transformation de l'amidon en sucre dans les conditions physiologiques; car si la diastase du malt, à laquelle nous avons comparé la diastase des feuilles, agit bien à une température voisine de 60° sur l'amidon transformé en empois, en revanche, on ne lui a trouvé aucune action sur l'amidon cru. Elle agit cependant et

qui mieux est, à une température de bien peu supérieure à la température ordinaire ; mais dans les conditions où l'on opère *in vitro*, la quantité de sucre produit est si faible, que des analyses faites avec le plus grand soin peuvent seules permettre de se rendre compte de son action.

Le dispositif des expériences est le même que précédemment, mais ici l'amidon cru remplace l'empois et le nombre des témoins a été augmenté. Il a fallu y joindre des flacons contenant, soit de l'amidon cru et de l'eau sans diastase, soit de l'amidon cru additionné d'une solution de diastase préalablement portée à l'ébullition. Enfin on a opéré à quatre températures différentes : 34°, 42°, 50° et 57°.

On constate alors les faits suivants :

A 50° et à 57°, la diastase n'agit pas sur l'amidon.

A 34° et à 42°, le diatase a toujours transformé en sucre réducteur une partie de l'amidon cru, ce que démontre non seulement l'analyse des liqueurs, mais aussi l'examen microscopique de l'amidon restant dont les grains présentent manifestement des traces de corrosion analogues à celles qu'on observe pendant la germination.

Quelques essais faits à une pression de deux atmosphères semblent montrer que l'augmentation de la pression influe favorablement sur la transformation. La quantité de sucre réducteur produit va s'accroissant jusqu'à une limite qu'on atteint au bout de vingt-quatre heures ou trente-six heures suivant le cas.

La quantité de sucre contenue dans la liqueur est alors voisine de 0gr,1 pour 50cc de liquide.

La quantité d'amidon ne paraît pas exercer d'influence.

Il en est de même pour la diastase. Une dose plus forte permet d'atteindre plus vite la limite, mais n'influe pas sur la grandeur de celle-ci.

Cette limite est fonction de la dilution. Quand on ajoute de l'eau, l'action se continue, une certaine quantité d'amidon se transforme en sucre et, au bout de quelque temps, l'augmentation du sucre est sensiblement proportionnelle à l'accroissement de volume.

L'action qu'exerce le glucose déjà formé sur la transformation ultérieure de l'amidon est rendue manifeste par une expérience dans laquelle la limite ne pouvait être atteinte, le glucose étant enlevé par la dialyse au fur et à mesure de sa formation.

Dans un flacon qui contient le mélange d'amidon et de diastase on place un tube fermé par une feuille de papier parchemin à l'extrémité, qui plonge dans le liquide. On introduit dans ce tube de l'eau distillée qu'on enlève toutes les douze heures pour l'analyser.

Dans ces conditions on a dosé en douze jours $0^{gr},3$ de glucose produit, tandis que dans le même temps la même quantité de diastase sous un volume de 25^{cc} n'avait pu dissoudre $0^{gr},2$ d'amidon.

Il faut remarquer que ces chiffres sont des minima, car la diastase qu'on extrait (aussi bien de l'orge germée que des feuilles) n'est pas pure, elle contient des principes susceptibles de fournir des sucres réducteurs, et il arrive souvent que la quantité de sucre obtenue est justement celle qui caractérise la limite. Alors elle se montre sans action sur l'amidon, ce qui est arrivé dans le cas cité plus haut.

Une démonstration expérimentale des faits que je viens de rapporter m'est fournie par M. Cuboni[1]. Ce savant a fait, au-dessus et au-dessous de l'insertion d'une feuille de vigne sur la tige, une incision annulaire qui divise le liber mou, et il a constaté que dans ce cas l'amidon qui se trouvait dans la feuille ne disparaissait pas lorsqu'on mettait la plante à l'obscurité, tandis que dans une feuille dont les tissus sont en continuité avec ceux du reste de la plante l'amidon disparaissait rapidement dans les mêmes conditions.

M. Cuboni conclut de cette expérience que la métamorphose de l'amidon ne résulte ni de l'action d'un ferment spécial, ni d'une propriété particulière de la cellule chlorophyllienne.

Pour ma part, je ne puis accepter cette manière de voir, puisque dans mes expériences j'ai constaté un phénomène de même ordre en faisant agir directement le ferment sur l'amidon. C'est-à-dire, dissolution de l'amidon quand le produit de la transformation peut s'écouler, arrêt de la dissolution quand il s'accumule.

Quant à la raison de ces faits, on ne la trouvera que lorsqu'on saura ce qui se passe quand la diastase agit sur l'amidon, mais comme ce problème présente des difficultés insurmontables, j'en ai abordé un autre plus simple, c'est celui de l'accumulation des réserves solubles où l'on observe des phénomènes de même genre. J'ai obtenu dans cette voie quelques résultats intéressants, qui me font pressentir une solution prochaine.

1. *Bot. Centralbl.*, XXII, p. 47.
Ann. agr., t. XI, p. 236.

ESSAIS

SUR

QUELQUES VARIÉTÉS DE BETTERAVES

PAR

A. NANTIER

Directeur de la Station agronomique de la Somme.

Ayant eu cette année l'occasion d'analyser un trés grand nombre d'échantillons de betteraves, parmi lesquels se trouvaient les variétés les plus différentes, nous croyons intéressant de résumer ici les résultats obtenus en y joignant les indications culturales que nous avons pu recueillir.

Nous réunissons dans le tableau suivant les rendements à

NATURE DU SOL ET ENGRAIS DISTRIBUÉS.	VARIÉTÉS.	RÉCOLTES par hectare.	DENSITÉ du jus.	SUCRE par décilitre.
Culture de M. Busigny à Chaulnes.				
Terre de bonne qualité, fumure de 40,000 kil. de très bon fumier; labour de 0m,38. ENGRAIS. — En février 200 kil. superphosphate d'os et 80 kil. nitrate de soude enterrés à la charrue à 0m,20. Semailles le 8 avril avec engrais contenant : 12 kil. azote nitrique; 12 kil. azote organique; 27 kil. acide phosphorique; 12 kil. potasse.	Vilmorin n° 1........	32.008	7.2	15.30
	Blanche-Derôme.....	»	7.2	14.75
	Eloy de Beuvry.......	40.000	7.0	14.70
	Brabant de M. Bosquelle	50.000	6.6	13.90
	Dippe de M. Bosquelle	38.000	6.5	13.46
	Dennetières n° 1......	38.000	6.3	13.36
	Dennetières n° 2......	42.000	6.1	13.09
	Knauër..............	30.000	6.1	13.02
	Knauër-Dennetières..	45.000	6.1	12.88
	Blanche industrielle..	46.000	5.8	11.86
	Blanche de Pologne..	45.000	5.8	13.18
Culture de M. Famechon, à Creuse.				
Terre de bonne qualité, fumée à l'automne, labourée à 0m,40. ENGRAIS. — 300 kil. de nitrate de soude et 600 kil. superphosphate distribués le 1er mai..........	Les Merchines........	28.000	8.65	19.24
	Les Merchines........	28.000	8.0	18.07
	Impériale............	41.400	7.4	16.25
	Dippe...............	35.850	7.2	17.01
	Electorale............	40.000	7.1	15.56
Terre calcaire de mauvaise qualité.	Les Merchines........	21.000	7.3	15.50
Culture de M. Brauyer-Boissart à Marchélepol.				
Terre argileuse de bonne qualité, labourée et fouillée à 0m,40, fumure à l'automne de 40.008 kil. de fumier à l'hectare, plus 250 kil. nitrate de soude en deux fois, dont moitié au premier binage.	Vilmorin.............	3.000	7.3	16.10
	Les Merchines........	35.000	7.1	15.50
	Kleinwanzleben.......	41.000	6.7	14.22
	Simon Legrand........	43.000	6.3	13.02
	Dransart.............	48.000	6.1	13.10
	Laurent-Mouchon......	45.000	6.1	14.02
	Desprez..............	47.000	6.0	12.65
	Dubois...............	46.000	5.9	12.20

l'hectare et la richesse saccharine d'une vingtaine de variétés qui représentent à peu près toutes celles qui ont été cultivées dans notre région cette année.

De l'ensemble de ces résultats, on peut conclure que toutes ces variétés ont présenté des teneurs en sucre satisfaisantes, et le choix d'une d'entre elles serait embarrassant, vu les nombreuses causes qui font varier la richesse d'une betterave.

Nous pouvons ajouter que leur forme était généralement très belle ; cependant quelques-unes, comme la Merchine et la Vilmorin, sont quelquefois un peu racineuses; mais il faut bien reconnaître que, le plus souvent, cette défectuosité provient d'une mauvaise préparation du sol, et que dans une terre parfaitement ameublie, comme le doivent être toutes celles destinées à porter de la betterave riche, ces variétés gardent une forme irréprochable.

On s'est plaint aussi quelquefois de la mauvaise levée de certaines espèces, ce qui amène un emploi exagéré de semence, d'où une dépense assez considérable, le prix de ces graines étant généralement très élevé. Pour éviter ce défaut, nous ne saurions trop recommander de *faire garantir le pouvoir germinatif*, ainsi que cela se fait en Suisse et en Allemagne, et de le contrôler ou de le faire contrôler[1].

Enfin, pour les rendements, nous ne pouvons tirer aucune conclusion, les conditions d'expérimentation étant absolument différentes les unes des autres; cependant, nous pensons que chaque cultivateur pourra, avec les données que nous lui fournissons, tirer de ces essais des renseignements pratiques suffisants, en ayant bien soin de prendre en considération les conditions culturales particulières dans lesquelles il se trouve.

REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Physiologie végétale.

***Sur l'assimilation du carbone*, par M. O. Lœw[2].** — M. Lœw, l'un des physiologistes qui se sont les plus occupés dans ces derniers temps de la théorie chimique de l'assimilation du carbone, vient d'annoncer à la Société de botanique de Münich une découverte qui, si elle se confirme, ne laisse pas que de marquer un grand pas dans la théorie.

1. Ces essais se font couramment à la Station agronomique.

2. *Botan. Verein in München*, séance du 13 janvier 1886. — *Bot. Centralbl.*, t. XXV, p. 385.

On sait que M. A. de Bœyer, et avec lui plusieurs chimistes, considèrent, comme produit initial de la réduction de l'acide carbonique, l'aldéhyde de l'acide formique, corps qui pourrait donner du sucre par simple polymérisation. En essayant de provoquer cette condensation, on a même obtenu une substance, la méthylénitane, qui ne paraît pas être bien éloignée des hydrates de carbone.

L'auteur a enfin réussi, en parlant de l'aldéhyde en question, à préparer un corps de la formule $C^6 H^{12} O^6$ qui doit être considéré comme un sucre et qui peut subir la fermentation lactique. La levûre de bière n'y produit aucun effet, mais il existe déjà des sucres véritables, tels que la sorbine, qui ne fermentent pas non plus au contact de la levûre de bière.

Agriculture.

Sur les époques des vendanges en France, par M. Angot. — Dans une même localité l'époque des vendanges varie beaucoup d'une année à l'autre et la différence entre les dates extrêmes peut atteindre et même dépasser soixante-dix jours. Dans presque toute la France, au moins depuis deux cents ans, l'année la plus tardive a été 1816 et la plus précoce 1822.

Indépendamment de la nature du cépage et des conditions topographiques, beaucoup de causes indépendantes des circonstances météorologiques exercent une influence marquée sur l'époque des vendanges dans un même pays : âge du plant, mode de culture, fumure, soufrage, espacement des ceps, etc.

En dehors des variations annuelles, il est très intéressant de rechercher si l'époque moyenne des vendanges, pour des périodes assez longues, subit une variation régulière que l'on puisse attribuer à des changements de climat. Il ne paraît pas en être ainsi au moins pour trois localités : Dijon, Salins (Jura) et Aubonne (entre Lausanne et Genève), pour lesquelles on possède trois cents ans d'observations complètes, de 1575 à 1874. L'auteur a calculé pour ces trois stations l'époque moyenne des vendanges par période de vingt-cinq ans, et l'écart de ces époques à la moyenne générale des trois cents ans. Voici le tableau de ces écarts en jours, le signe + signifie en retard et le signe — une avance de la période considérée, sur la moyenne.

	1575-99	1600-24	1625-49	1650-74	1675-99	1700-24
Dijon.........	+ 1	— 1	— 3	— 5	— 5	— 2
Salins........	+ 4	+ 2	0	+ 1	+ 1	— 1
Aubonne......	— 4	— 8	— 4	+ 5	+ 5	+ 8

	1725-49	1750-74	1775-99	1800-24	1825-49	1850-74
Dijon.........	+ 2	+ 3	+ 1	+ 7	+ 2	— 2
Salins........	— 2	0	— 5	— 1	+ 1	+ 2
Aubonne......	+10	+ 9	— 1	+ 3	— 4	— 6

Quant à la date moyenne pour les trois cents ans, elle est : à Dijon le 28 septembre ; à Salins le 11 octobre et à Aubonne le 19 octobre.

Ces stations sont assez peu éloignées l'une de l'autre pour que les variations à longue période du climat y soient parallèles et pour que les variations

de Salins fussent intermédiaires entre celles des autres localités. Or les nombres rapportés ci-dessus montrent qu'il n'existe aucun parrallélisme entre les variations des époques des vendanges de ces trois stations; on doit donc les attribuer, non à des causes climatologiques, mais à des changements dans les habitudes locales, dans la nature du plant ou dans le mode de culture et nullement à une modification dans le climat.

En calculant, pour dix stations, l'époque des moyennes des vendanges de toutes les années du maximum et du minimum des taches solaires de 1700 à 1879, l'auteur a reconnu que les époques moyennes sont identiques pour les deux séries d'années, ou ne diffèrent que d'un jour, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre; l'influence présumée des taches sur l'époque des vendanges est donc nulle ou inappréciable.

Sur le commerce d'exportation de l'Inde anglaise pendant l'année 1882-1883, par C. VON SCHERZER[1]. — Les chiffres que nous allons emprunter à l'article dont on vient de lire le titre sont de nature à intéresser tous les lecteurs des *Annales agronomiques* et à montrer quel parti nos voisins ont su tirer de leur grande colonie asiatique.

Les articles d'exportation de l'Inde anglaise se rangent de la manière suivante par ordre d'importance commerciale :

	Valeur en roupies[2].
Coton	160.490.174
Opium	114.813.764
Riz	84.763.272
Graines oléagineuses	72.003.365
Céréales	60.689.341
Jute	58.469.259
Peaux	44.437.703
Indigo	39.129.970
Thé	36.994.965
Coton filé	18.168.185
Jute travaillé	14.878.314
Café	13.922.040
Sucre	8.087.759
Laine	7.904.058
Cotonnades	7.615.643
Gomme-laque	6.990.156
Bois de teck	6.112.597
Soie brute et cocons	5.441.432

La culture du cotonnier est importante non seulement pour l'exportation mais encore pour l'industrie indigène. Il existe actuellement dans l'Inde soixante-deux filatures avec 15 000 métiers et 1 584 000 fuseaux et qui occupent 53 000 ouvriers.

L'exportation de l'écorce de quinquina est montée de 72 452 livres en 1876 à

1. *Œsterreichische Monatsschr. f. d. Orient*, 1883, pp. 188-191. — *Bot. Centralbl.*, 1885, p. 146.

2. La roupie de Madras vaut 2 fr. 40.

641 608 en 1883. Le commerce et la valeur de l'indigo sont sujets à de fortes fluctuations. Les deux tiers de la somme exportée partent du Bengale, un tiers de Madras. Depuis 1878 on exporte annuellement de 100 900 à 150 000 quintaux d'une valeur de 29 470 000 à 45 090 000 roupies.

Même les myrobolans commencent à devenir l'objet d'un commerce d'exportation très important, puisqu'en 1882 471 167 quintaux de ces fruits ont été exportés en Angleterre.

La quantité de riz exporté a été de 31 258 288 quintaux, d'une valeur de 84 763 272 roupies. La provenance de ces 31 millions de quintaux se décompose de la manière suivante :

Birma, 21 millions; Bengale, 8 millions; Madras, 1 million un tiers; Bombay, un demi-million.

			Quintaux.
Sont partis en destination	de	l'Europe	19.000.000
—	—	l'Asie	8.500.000
—	—	la côte orientale d'Afrique	2.000.000
—	—	l'Amérique du Sud et l'Inde occidentale	1.200.000
—	—	Canada et États-Unis	88.600
—	—	l'Australie	70.000

Une grande partie du riz importé dans le continent d'Europe est destinée à la distillerie. Le port de Gênes, par exemple, en a reçu 30 000 sacs pour une seule distillerie des environs de Milan.

L'exportation du blé a été de 14 144 407 quintaux d'une valeur de 60 689 344 roupies.

La destination a été	l'Angleterre	6.575.160	quintaux.
—	la France	3.567.712	—
—	la Belgique	1.458.898	—
—	l'Égypte	799.550	—
—	la Hollande	578.246	—
—	Gibraltar	494.098	—
—	l'Italie	176.063	—
—	Malte	163.358	—
—	les pays d'Europe divers	34.479	—

En cinq années l'exportation du thé s'est élevée de 68 p. 100. Elle est actuellement (en 1884) de 57 766 225 livres, d'une valeur de 346 994 945 roupies. La culture du théier occupe dans l'Inde anglaise 249 211 acres qui se répartissent de la manière suivante sur les divers pays :

Bengale	48.128	acres plantés	en théiers.
Assam	178.851	—	—
Provinces du Nord-Ouest	8.736	—	—
Pundjab	7.743	—	—
Madras	5.517	—	—
Birma	336	—	—

Le Gérant : G. Masson.

Bourloton. — Imprimeries réunies, B.

SUR LA FORMATION DE L'AMIDON

DANS LES

FEUILLES AUXQUELLES ON OFFRE DES SUCRES

DE LA MANNITE OU DE LA GLYCÉRINE

PAR

A. MEYER

TRADUIT LIBREMENT DE L'ALLEMAND, PAR J. VESQUE

L'auteur se propose de rechercher dans ce nouveau travail quels sont les corps organiques qui peuvent servir, dans les feuilles vertes des végétaux supérieurs, à la formation de l'amidon.

Il s'agissait d'abord de choisir et les espèces végétales propres à ces expériences et les matières qu'on devait leur offrir avec quelque chance de succès. Quant à ce dernier point surtout, il était tout indiqué de donner aux feuilles des substances qui s'y rencontrent normalement, d'abord parce qu'il était plus probable d'obtenir ainsi un résultat positif et ensuite parce qu'un corps est certainement mieux absorbé par une cellule qui renferme souvent ce même corps que par une autre qui ne le renferme jamais. Toutes les fois qu'on désirait expérimenter sur une matière qui n'existe pas dans toutes les espèces végétales on choisissait l'espèce parmi celles qui la renferment habituellement. La mannite par exemple, existe dans les plantes de la famille des Oléacées; il fallait donc préférer les feuilles de ces plantes pour étudier le rôle possible de la mannite dans la formation de l'amidon.

Il y a d'ailleurs des plantes qui ne se prêtent pas du tout à ces sortes d'expériences, puisque certaines espèces ne forment de l'amidon que dans des conditions exceptionnellement favorables et d'autres même jamais.

Même les feuilles qui tendent à former beaucoup d'amidon, n'en feront naître dans leurs plastides que lorsqu'elles absorbent plus de la matière nutritive qu'elles n'en consomment. Or la concentra-

1. Bildung der Sträkekörner in den Laubblättern aus Zuckerarten, Mannit und Glycerin, *Bot. Zeit.*, 1886, nos 5 et suivants.

tion de la solution qu'on met en contact avec la feuille influe naturellement sur la rapidité avec laquelle la matière est absorbée. Les corps peu solubles dans l'eau ne peuvent donc guère servir à ces recherches. L'absorption dépend en outre de l'état même de la cellule vivante : les solutions concentrées agissent très énergiquement sur la cellule, de sorte qu'on ne peut pas prévoir quelle concentration sera la plus favorable. L'auteur a fait à ce sujet les recherches préliminaires les plus indispensables; il trouve que la solution à 10 p. 100 convient le mieux. Lorsqu'on porte la dose à 20 p. 100, l'amidon ne se développe pas plus rapidement pour cela, tandis qu'à 5 p. 100 le dépôt de cette substance est notablement plus lent. M. Boehm a déjà fourni sur ce sujet quelques indications que M. Meyer croit pouvoir confirmer[1].

On ne peut tenir compte que des résultats positifs. Si, par exemple, on offrait à la plante une solution donnée et qu'il ne se produisît pas d'amidon, on ne serait pas en droit de dire que la matière offerte est impropre à la formation d'amidon. Ceci s'applique en première ligne aux nombreuses substances qui exercent une influence délétère sur la feuille, telles que les acides organiques libres, les aldéhydes, les alcools, monoatomiques, etc. Certainement ces matières ne sont pas nuisibles à la plante lorsqu'elles se trouvent à l'intérieur des cellules, et elles servent peut-être à la formation de l'amidon dans des conditions que nous ne savons pas produire à volonté.

Les champignons deviennent parfois très gênants; il est en effet presque impossible d'en empêcher tout à fait le développement dans les solutions nourricières. Mais l'expérience a prouvé que les résultats sont les mêmes dans une solution presque indemne que dans une autre qui est remplie d'une abondante végétation cryptogamique et que les feuilles qui fabriquent beaucoup d'amidon sont à peine attaquées, presque jamais tuées par les champignons.

Expériences sur les divers sucres.

a) Les glucoses. — On admettait jusqu'à ce jour, sans raison suffisante, que les cellules parenchymateuses peuvent fabriquer de l'amidon avec les glucoses, c'est à dire le sucre de raisin, la lévulose et

1. *Annales agron.*, t. IX, p. 182.

la galactose. On croyait également que l'inuline peut procéder de la dextrose. Les observations physiologiques semblent en effet plaider en faveur de ces hypothèses qui ne sont pas absolument vraisemblables au point de vue chimique. Voici par exemple, ce qui se passe dans les Composées : l'amidon dissous par les ferments se transforme en dextrose, jamais en lévulose ni en galactose. Si on admet maintenant que la dextrose voyage dans la plante, on est bien forcé de reconnaître que ce corps, arrivé dans les organes de réserve tels que les tubercules, se transforme à son tour en inuline. Inversement, lors de la germination du tubercule à l'obscurité, on trouve un peu d'amidon dans les jeunes pousses et cet amidon ne peut provenir que de la lévulose. Il serait cependant possible d'envisager d'une autre manière les transformations chimiques observées chez les Composées. Nous savons que des corps voisins de l'inuline et de la lévulose peuvent prendre naissance dans les cellules assimilatrices. Il se pourrait donc que des corps de même nature fussent fabriqués dans les cellules en quantité suffisante pour expliquer l'accumulation de l'inuline dans les organes de réserve, tandis que l'amidon et la dextrose seraient employés en partie à la construction des parois cellulosiennes.

Quant au phénomène inverse de la germination, il faudrait savoir si, à côté de l'inuline, les tubercules ne renferment pas de petites quantités d'amidon et de dextrose. Le chimiste se déclarerait bien plus satisfait de ces suppositions que des premières, car seule la dextrose peut fournir directement de l'amidon tandis que la lévulose et la galactose ne le pourraient qu'à la faveur d'une transposition moléculaire, d'ailleurs peut-être assez simple et s'opérant pendant la condensation.

Ne serait-il pas possible de voir si les cellules des végétaux supérieurs peuvent transformer la lévulose et la galactose en amidon en nourrissant directement la feuille préalablement débarrassée de son amidon avec l'un ou l'autre de ces sucres? Tel est le problème que l'auteur se propose de résoudre. La question se décompose en deux parties :

La feuille peut-elle faire de l'amidon indifféremment avec de la lévulose, de la galactose et de la dextrose ou bien la dextrose est-elle seule capable de fournir de l'amidon?

Les feuilles de plantes différentes se comportent-elles de la même manière vis-à-vis de ces hydrates de carbone?

La méthode employée est en principe celle de M. Bœhm et consiste essentiellement à faire flotter une feuille privée de son amidon sur la solution nourricière et à y rechercher l'amidon au bout de quelque temps. Ceux de nos lecteurs qui désirent répéter ces expériences seront bien aises d'être renseignés sur les détails de la marche à suivre. Il s'agit d'abord de faire disparaître l'amidon d'une feuille vivante. M. Meyer enveloppe tout un rameau feuillu de papier noir; tous les jours on enlève une des feuilles maintenues à l'obscurité et on recherche si cette feuille renferme encore de l'amidon. L'essai ayant donné un résultat négatif, on laisse le rameau encore un ou deux jours à l'obscurité et on le coupe ensuite. Il est dès lors probable, mais non certain que toutes les feuilles du rameau sont privées d'amidon. Pour arriver à une certitude plus grande, chaque feuille destinée à l'expérience est divisée longitudinalement en deux moitiés, dont une est mise à part, l'autre au contraire examinée, d'après le procédé de M. Sachs, afin d'y rechercher les moindres traces d'amidon. Pour cela on la plonge dans de l'eau distillée bouillante jusqu'à ce qu'elle soit entièrement purgée d'air et on la transporte ensuite dans de l'alcool à 96° bouillant afin de la décolorer. Ceci fait il suffit de la mettre enfin dans de l'eau additionnée de quelques gouttes de teinture d'iode; si elle ne montre aucune trace de coloration bleue, on peut être assuré qu'elle ne contient pas d'amidon. L'autre moitié de la même feuille, divisée, s'il y a lieu, en fragments de 4-6 centimètres carrés sert à l'expérience.

On dépose chacun des fragments délicatement sur la solution nourricière, la face supérieure en dessous et de telle sorte que la face inférieure reste sèche. La solution nourricière est contenue dans des cristallisoirs qu'on recouvre de disques de verre beaucoup plus grands afin d'empêcher les germes de tomber dans le liquide, quelques courtes baguettes de verre interposées entre les bords du cristallisoir et le disque de verre suffisent pour assurer l'accès de l'air. Le tout est disposé dans une cave complètement obscure et dans laquelle règne une température de 15°.

Au bout de quelque temps les fragments de feuille enlevés sont examinés d'après le procédé de Sachs; le plus souvent la coloration bleue permet de constater avec certitude la formation de l'amidon. Malheureusement il peut arriver que les champignons se développent en abondance dans les tissus mêmes de la feuille

qui prend alors sous l'influence de l'iode une coloration bleuâtre de nature à induire en erreur. Il faut, dans ce cas, replonger la feuille dans l'alcool, faire des coupes transversales à travers les parties suspectes, plonger celles-ci dans le chloral iodé et les examiner au microscope. S'il y a de l'amidon, il est facile de l'apercevoir sous la forme de petites masses gonflées de couleur bleue.

Résultats des expériences sur les glucoses. — Quelque intéressants qu'ils soient au point de vue de la physiologie comparée. nous ne pouvons reproduire ici tous les résultats que l'auteur a consignés dans un tableau de toute une page in-quarto.

En voici quelques-uns que nous avons choisis de manière à ce que tous les divers types fussent représentés.

1. *Betterave*, solution à 10 p. 100; durée : 13 jours. — Dextrose, quantité modérée d'amidon; lévulose, beaucoup d'amidon; galactose, pas d'amidon.

2. *Platycodon grandiflorum* (Campanulacée), solution à 10 p. 100; durée : 10 jours. — Dextrose, peu d'amidon; lévulose, peu d'amidon; galactose, peu d'amidon.

3. *Caryophyllées*. — *Silene inflata*, solution à 10 p. 100; durée : 8 jours. — Dextrose, peu d'amidon; lévulose, peu d'amidon; galactose, beaucoup d'amidon.

Saponaria officinalis, solution à 5 p. 100; durée : 19 jours. — Dextrose, traces d'amidon; lévulose, très peu d'amidon; galactose, quantité modérée d'amidon.

4. *Frêne à sucre* (Oléacée), solution à 10 p. 100; durée : 11 jours. — Dextrose, beaucoup d'amidon; lévulose, peu d'amidon; galactose, peu d'amidon.

5. *Composées*. — *Silphium perfoliatum*, solution à 10 p. 100; durée : 13 jours. — Dextrose, pas d'amidon; lévulose, quantité modérée d'amidon; galactose, pas d'amidon.

6. *Topinambour*, solution à 10 p. 100; durée : 13 jours. — Dextrose, traces d'amidon; lévulose, quantité modérée d'amidon; galactose, pas d'amidon.

Ces résultats mettent en évidence les faits suivants :

1. La dextrose, comme la lévulose, comme la galactose peuvent être transformées en amidon par les cellules parenchymateuses des végétaux supérieurs.

2. Il existe des plantes dont le parenchyme peut faire de l'amidon avec les trois espèces de sucre; mais toutes ne sont pas dans ce

cas. Presque toutes les plantes forment beaucoup d'amidon sur une solution de lévulose à 10 p. 100, une quantité relativement faible sur la dextrose, tandis qu'un petit nombre seulement en fabriquent sur la galactose[1].

Nous voyons se confirmer une supposition que nous avons faite plus haut, savoir que la plante forme surtout de l'amidon avec le sucre que ses tissus renferment généralement. Ainsi, les Composées contiennent de l'inuline qui donne de la lévulose par l'inversion; or, ces plantes donnent beaucoup d'amidon sur la lévulose, des traces seulement sur la dextrose et pas d'amidon sur la galactose. De même les Caryophyllées qui renferment de la galactose et de la lactosine, forment beaucoup d'amidon sur la galactose, ce qui est d'autant plus frappant que parmi les autres plantes, le *Platycodon* seul est capable de tirer parti de ce corps pour le précipiter à l'état d'amidon.

Nous verrons plus loin qu'il en est de même pour la mannite et la dulcite.

M. Meyer termine ses recherches sur les glucoses par une série d'expériences sur l'inosite, corps dont la formule $C^6H^{12}O^6$ et la saveur sucrée indiquent une parenté avec les glucoses. L'inosite se rencontre dans les jeunes gousses du haricot et d'autres Légumineuses, dans les feuilles du frêne, du noyer, etc. Sur une solution à 10 p. 100, les feuilles du haricot, du noyer, de la betterave, du lilas, de l'olivier, etc., n'ont pas formé d'amidon. Ou bien l'inosite est un produit extrême de la métamorphose des principes immédiats, ou bien elle n'est pas absorbée par le protoplasma de cellules de la feuille dans les conditions où l'on a opéré.

b. Le sucre de canne et les corps voisins. — M. Bœhm dit que les feuilles de la perce-neige, de la jacinthe, de l'iris, etc., forment de l'amidon lorsqu'on les place sur une solution de sucre de canne à 20 p. 100 et il en conclut que toutes les plantes dont les grains de chlorophylle développent normalement de l'amidon, sont dans le même cas. Il est vrai que M. Bœhm ne croit pas à l'absorption directe de ce corps mais qu'il admet l'absorption à

1. Ces relations ne ressortent pas bien clairement des résultats que nous reproduisons, ce qui tient à ce que nous avons tenu à mettre sous les yeux du lecteur les résultats les plus variés possible. Notre tableau, réduit à dessein, n'a qu'une valeur qualitative et pourrait par conséquent tromper le lecteur sur la fréquence relative de chacun des types.

l'état de dextrose et de lévulose. Cela étant, les expériences précédentes lui donnent raison. Cependant rien ne prouve qu'il en est ainsi ; l'expérience directe seule peut répondre à la question. Cette expérience a été faite sur un assez grand nombre de plantes des familles dicotylées les plus diverses avec une solution à 10 p. 100 sur laquelle les feuilles ont flotté pendant 12 jours. Toutes ces plantes ont formé de l'amidon, sauf le noyer et une Caryophyllée, le *Gypsophila trichotoma*. Ces feuilles étant particulièrement sensibles aux influences osmotiques, M. Meyer croit pourtant pouvoir confirmer l'opinion de M. Bœhm.

Autre chose est de savoir sous quelle forme le sucre de canne est utilisé, s'il est absorbé en nature ou s'il ne peut jouer son rôle que sous les deux formes de dextrose et de lévulose. On sait que la solution de sucre de canne est facilement intervertie par les champignons et les bactéries et que ces dernières y sont inévitablement introduites par la feuille elle-même ; aussi trouve-t-on bientôt dans la solution de la dextrose et de la lévulose, les deux produits de l'interversion du sucre de canne.

L'auteur cherche à voir clair dans ces phénomènes complexes en dosant de jour en jour les sucres réducteurs formés dans la solution et en les comparant aux quantités d'amidon apparu dans les feuilles de betterave.

Voici les résultats auxquels il est arrivé :

Premier jour. Traces de réduction.................	Pas d'amidon.
Deuxième jour. Traces de réduction...............	Traces d'amidon.
Troisième jour. 0,052 p. 100 de glucose............	Quelque peu d'amidon.
Quatrième jour. 0,08 p. 100 de glucose............	Taches bleu clair après l'épreuve de l'iode.
Cinquième jour. 0,14 p. 100 de glucose............	Feuille en grande partie bleu foncé.
Sixième jour. 0,2 p. 100 de glucose................	Feuille presque uniformément bleu foncé.

Nous voyons que la quantité de glucose formé est en somme très faible, beaucoup trop faible, d'après les expériences antérieures pour provoquer le développement de telles quantités d'amidon. Il est donc vraisemblable que la feuille de la betterave peut absorber le sucre de canne en nature, et l'utiliser pour la fabrication de l'amidon ; mais nous n'en avons pas la preuve directe.

Aucune des feuilles qui a formé de l'amidon sur le sucre de

Erythrite et *Glycérine*. — Puisque les alcools hexatomiques peuvent dans certains cas servir de matériaux de construction, il était indiqué de chercher si les alcools triatomiques et tétratomiques ne sont pas dans le même cas. Quoique ces corps n'aient pas été rencontrés dans les plantes, il n'est d'abord pas certain qu'ils ne peuvent pas s'y trouver, et de plus nous ignorons si le « chimisme » de la plante est tellement spécialisé que celle-ci ne puisse pas à l'occasion se servir d'un corps qui ne se trouve pas habituellement à sa disposition.

La solution d'érythrite à 10 et même 20 p. 100 n'a donné que des résultats négatifs.

La glycérine au contraire, qui ne paraît pas profiter à un grand nombre de plantes, a provoqué la formation de petites quantités d'amidon dans la feuille de la betterave et du dahlia, et de très grandes quantités dans celles du *Cacalia suaveolens* (Composée). Les solutions renfermaient 10, 20 ou 30 p. 100 de glycérine ; la plus favorable est celle de 10 p. 100. L'amidon commence à se montrer vers le quatrième jour; le douzième jour les feuilles sont aussi riches en amidon que si elles avaient exposées au soleil une journée entière.

En présence de ce résultat inattendu, l'auteur s'est décidé à faire le dosage des hydrates de carbone dans la feuille avant et après le contact avec la glycérine. Tout en tenant largement compte des diverses causes d'erreur qui peuvent entacher les résultats, il parvient à affirmer que sur 100 grammes de feuille sèche 5^{g},1 d'hydrates de carbone ont apparu sous l'influence de la glycérine. Cet alcool triatomique est donc assimilé par la feuille et peut servir à la formation d'amidon.

Remarques sur l'assimilation. — L'auteur a montré dans un mémoire précédent[1] que le travail de l'assimilation du carbone peut aboutir à la formation de toutes les catégories de corps de la famille des hydrates de carbone : de l'amidon, de corps voisins de l'inuline, du sucre de canne, de sucres réducteurs. Il faudra y ajouter probablement la mannite et la dulcite.

M. Meyer termine l'exposé de ses recherches par un résumé de ses opinions théoriques sur les relations entre les matières de réserve et sur l'assimilation en général. Les corps qui peuvent s'accumuler à l'état de réserve transitoire sont :

1. *Annales agron.*, XI, p. 469.

La mannite et la dulcite, le glucose (lévulose et dextrose?), le sucre de canne, la sinistrine, l'amidon.

Lorsque de l'acide carbonique est absorbé et décomposé par les feuilles il dépendrait entièrement des conditions physiques et chimiques de la cellule qu'il se formât l'un ou l'autre de ces corps à petite ou à grande molécule.

Soit, pour fixer les idées, une feuille qui peut renfermer à la fois de la mannite, de la lévulose et de l'amidon : voici comment l'auteur se figure la formation de ces matières. L'éclairage est-il intense, l'affluence de l'acide carbonique faible, de sorte que la réduction peut devenir importante, l'écoulement des produits de l'assimilation rapide, il se formera de la mannite. Il se formera de la lévulose lorsque l'éclairage est faible, l'acide carbonique abondant, l'écoulement des produits rapide. De l'amidon enfin prendra naissance lorsque, l'éclairage étant intense et l'acide carbonique abondant, le suc cellulaire est chargé de lévulose et de mannite et que les produits de l'assimilation ne peuvent pas s'écouler.

Nous ne savons rien de précis sur la manière dont l'amidon, par exemple, avec sa molécule si compliquée, peut se former. Il ne serait assurément pas difficile d'établir une théorie chimique acceptable ; mais aucun fait observé n'est là pour la soutenir : nous ne voyons se reproduire en réalité que de l'amidon.

Ce qui vient compliquer encore les conditions, c'est que les produits une fois déposés peuvent ensuite se transformer les uns dans les autres, soit par l'écoulement rapide de ces produits qui provoquera la transformation de l'amidon en dextrose, soit au contraire par l'arrêt subit de l'écoulement provoquant l'apparition de l'amidon, etc.

Remarques sur la migration de la mannite. — La mannite est absorbée avec la plus grande facilité par les cellules parenchymateuses ; de plus, les plantes qui en forment peuvent la contenir dans toutes leurs parties ; il est donc infiniment probable que les hydrates de carbone peuvent voyager dans la plante sous la forme de mannite et peut-être de dulcite. Il serait intéressant de rechercher si la sève ascendante recueillie au printemps sur des plantes appropriées contient l'un ou l'autre de ces corps.

Remarques sur la formation de l'amidon aux dépens d'autres combinaisons organiques. — M. Meyer ayant déjà émis l'opinion que l'amidon des cellules non assimilatrices résulte de la conden-

sation de la molécule de glucose, étend à présent cette opinion à la dextrose, à la lactose et à la lévulose. Il ne s'agit donc plus que d'expliquer la transformation de la mannite et de la glycérine en amidon. D'après l'auteur cette transformation se fait sans dédoublement de la molécule initiale, sans formation d'un composé azoté intermédiaire, mais par simple oxydation et déshydratation.

L'équation conduisant à la formation de la dextrose sera pour la mannite :

$$\text{Mannite} + O - H^2O = \text{dextrose},$$

et pour la glycérine

$$2\ \text{glycérine} + 2\ O - 2\ H^2O = \text{dextrose}.$$

Dans une courte note, datée de Bruxelles, et qui suit immédiatement le travail de M. A. Meyer, M. Émile Laurent[1] expose les résultats analogues qu'il a obtenus en offrant aux plantes de la saccharose, de la glucose ou de la glycérine. Il s'est servi de pousses étiolées de pomme de terre, entièrement dépourvues d'amidon, qu'il plonge par la partie inférieure dans la solution et qu'il abandonne ensuite à elles-mêmes dans un endroit obscur. Les acides acétique, oxalique, tartrique, la dextrine du commerce et le tannin n'ont donné que des résultats négatifs. Dans une solution de saccharose à 10 p. 100, la végétation a duré plus de cinq mois et il s'est développé dans les aisselles des feuilles des tubercules remplis d'amidon de $0^m,01$ de longueur sur $0^m,05$ de diamètre. Le résultat a été moins frappant avec la glucose ; cependant les pousses sont restées vivantes. La glycérine à 5 p. 100 a provoqué le développement de l'amidon dans la tige jusqu'à une hauteur considérable, notamment dans la moelle et dans le voisinage des faisceaux.

1. *Botan. Zeit.*, 1886, p. 151.

RELATIONS ENTRE LA DENSITÉ, LA RICHESSE ET LA PURETÉ DES JUS DE BETTERAVES

Par M. PAGNOUL
Directeur de la station agronomique du Pas-de-Calais

On a déja publié un certain nombre de tableaux contenant les richesses saccharines correspondant aux différentes densités des jus de betteraves, mais les chiffres de ces tableaux sont loin d'être parfaitement d'accord. C'est qu'en effet, s'il paraît exister des relations à peu près constantes entre la richesse *moyenne* et la densité d'un jus de betterave, les écarts, pour une même densité, peuvent être considérables, de sorte que l'on pourra obtenir des résultats fort différents en ne s'appuyant que sur un nombre restreint d'analyses.

Ayant dû faire à la station agronomique du Pas-de-Calais, depuis le commencement d'octobre, près de onze cents analyses de betteraves pour différents travaux, j'ai pensé qu'il y aurait intérêt à revoir la question en profitant de ce grand nombre d'essais effectués dans les conditions les plus variées de graines, d'engrais, de sol et de culture.

Les analyses sur lesquelles je me suis appuyé présentent encore l'avantage d'avoir été opérées presque toutes sur des lots de 40 à 50 racines, ce qui a exigé un traitement total de 20 à 25 000 kilos de betteraves.

Toutes ces betteraves ont été lavées et décolletées à la station même, puis coupées en quatre dans le sens de la longueur. L'un des quarts a été soumis au râpage et ensuite à l'action d'une presse à vis. On pouvait ainsi disposer, pour chaque essai, de plusieurs litres de jus. La densité a été déterminée avec des densimètres à longue tige et à divisions suffisamment espacées et l'observation a été faite avec le nouveau saccharimètre Laurent à lumière ordinaire.

La défécation s'opérait en broyant avec le jus, dans un mortier

de porcelaine, 4 grammes de-sous acétate de plomb solide, puis ajoutant 5 à 8 décigrammes d'hyposulfite de soude et filtrant après agitation. On a toujours eu ainsi des jus tout à fait incolores et d'une parfaite limpidité.

Nous donnons dans les tableaux suivants tous les résultats obtenus. En tête de chaque colonne se trouve inscrit le degré trouvé et au-dessous les différentes richesses saccharines rapportées au décilitre de jus. Chacune est précédée d'un chiffre qui indique combien de fois elle a été obtenue pour le même degré densimétrique. Au bas de chaque colonne se trouve la moyenne calculée.

En représentant toutes ces moyennes par un tracé graphique, on obtient une courbe très régulière entre 5,1 et 6,6. Entre ces limites, en effet, le nombre des résultats correspondant à chaque degré varie de 22 à 82. Au-dessous de cette limite, le nombre des analyses étant insuffisant pour fournir des moyennes vraies, la courbe devient sinueuse et elle présente des irrégularités considérables au-dessus, surtout au delà de 7,5, les résultats ne provenant plus alors que d'une douzaine de lots formés d'un petit nombre de betteraves.

Nous avons donc, pour obtenir des moyennes qu'il conviendrait d'adopter au-dessus de 5,1 et au-dessous de 6,6, cherché à prolonger la courbe en deçà et au delà, en nous servant de la forme qu'elle présentait entre ces limites et en nous guidant en même temps sur ce fait bien établi, que la pureté doit aller en croissant avec la richesse. De la courbe ainsi rectifiée nous avons déduit les nombres qui doivent représenter la richesse moyenne pour tous les degrés compris entre 4,1 et 8,8.

Nous donnons ces résultats dans un dernier tableau dont la première colonne contient les degrés de 4,1 à 8,8; la seconde, le nombre des analyses dans lesquelles ce degré a été observé; la troisième, la richesse moyenne obtenue pour chacun; la quatrième, la richesse corrigée comme nous venons de le dire.

De 5,2 à 6,6 les chiffres de cette quatrième colonne sont naturellement les mêmes; à peu de chose près, que ceux de la précédente, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de différences sensibles entre les chiffres corrigés et les chiffres trouvés.

Il nous a paru intéressant de placer en regard les nombres contenus dans cette colonne les quantités de sucre pur nécessaires pour donner des dissolutions de même densité. Nous avons pris ces

nombres dans le traité de M. Bardy sur la fabrication du sucre, en nous bornant à inscrire la première décimale. Les différences entre ces nombres et ceux de la colonne précédente représentent ce qu'on est convenu d'appeler le non sucre; nous les avons inscrites en regard.

La colonne suivante donne, toujours pour chaque degré, ce que serait la pureté moyenne, c'est-à-dire le quotient obtenu en divisant le sucre du jus par le sucre d'une dissolution pure de même densité. On voit que cette pureté irait en croissant depuis 71 jusqu'à 89, mais le non sucre ne suivrait pas la même progression et atteindrait un minimum entre 5,5 et 6,2.

La colonne suivante contient les facteurs par lesquels il faudrait multiplier le degré pour avoir le sucre contenu dans un décilitre de jus. Ce facteur est inférieur à 2 au-dessous de 4,8 et supérieur à 2 au-dessus de cette limite. Le facteur 2 n'est donc exact que dans le voisinage de 4,8.

Enfin une dernière colonne contient la richesse en sucre pour 100 poids de betteraves calculée en supposant toujours, jusqu'à preuve du contraire, que le poids du jus représente les $\frac{95}{100}$ du poids de la racine. En comparant la courbe qui représente les variations de cette richesse avec la ligne droite que l'on obtiendrait en supposant la richesse du jus constamment égale à deux fois le degré, on trouve que la courbe en s'élevant se rapproche de la droite jusqu'au degré 6, qu'elle lui est presque parallèle et contiguë à partir de ce point et qu'elles finissent par se confondre plus haut, Donc, à partir du degré 6, on aura à peu de chose près la richesse en poids de la betterave en multipliant le degré par 2.

Nous pensons donc que l'on peut déduire assez exactement de la densité la richesse *moyenne* d'un grand nombre de livraisons de betteraves. Une usine ayant reçu par exemple une vingtaine de livraisons dont les jus marquaient tous le degré 6,0, on pourra en conclure que l'ensemble lui aura donne un nombre très rapproché de 13^{kil},2 de sucre par hectolitre de jus. Mais il n'en est plus de même pour une seule livraison, vu les écarts que l'on peut obtenir autour de cette moyenne. Ainsi les 76 analyses qui nous ont donné 6,0 nous présentent, pour la richesse, des écarts variant entre 11,9 et 14,3. Or 11,9 correspond au degré 5,5 et 14,3 au degré 6,5. Donc il pourra se faire que le cultivateur qui vend à la densité cette betterave marquant 6,0, livre en réalité au fabricant

L'accroissement de la population a, par suite de l'immigration, été bien plus rapide au Canada qu'on ne le suppose généralement, et sous ce rapport, le Dominion peut être comparée avantageusement à la grande nation anglaise qui a peuplé si rapidement la moitié méridionale de l'Amérique du Nord.

En 1777, les États-Unis comptaient environ 3900000 habitants, et en 1881 environ 50000000, donnant ainsi un accroissement d'environ 1200 p. 100. Le Canada, au dénombrement de 1784, ne réunissait pas 150000 habitants, tandis qu'en 1881 ce nombre était monté à 4324810, augmentation d'environ 3000 p. 100. Depuis 1830, époque à laquelle les deux pays commencèrent à ressentir les effets du flux de l'immigration européenne, le Canada a présenté un accroissement d'environ 480 p. 100, tandis que celui des États-Unis a été d'environ 390 p. 100. En d'autres termes, le Canada a, dans l'espace d'un demi-siècle, accru sa population cinq fois, et les États-Unis dans le même temps quatre fois seulement.

Dans trois directions différentes, les agricultures canadienne et anglaise se montrent supérieures à toutes les autres. Le commerce des grains, le commerce du bétail et le commerce des produits du lait, ou, pour être plus exact, le commerce du fromage, y ont pris un immense développement. C'est un fait si connu que notre propre pays est tout à fait incapable de produire assez de blé pour sa consommation, qu'il est presque inutile d'ajouter que le supplément doit être apporté d'au delà des mers. Il y a peu d'années, il semblait certain que le Canada serait le futur grenier de la mère patrie. Les États-Unis paraissaient alors être le rival le plus formidable du Dominion, mais les demandes rapidement croissantes de leur population ont amené une décroissance remarquable dans les exportations de blé de ce pays au Royaume-Uni pendant les deux dernières années. Les besoins de l'Amérique n'ont cependant pas été tout à l'avantage du Canada, car un autre rival, venant d'un coin éloigné du globe, peut bien aujourd'hui être considéré comme un champion de premier ordre dans le commerce du blé anglais; et, que l'on se place au point de vue de la patrie ou de l'empire, l'immense exportation du blé de l'Inde anglaise constitue un accroissement des ressources de l'empire, qu'il est agréable de constater. Pour faire ressortir la vérité de cette assertion, le tableau suivant peut avoir de l'intérêt :

IMPORTATION DE BLÉ AU ROYAUME-UNI DES ÉTATS-UNIS, DE L'AMÉRIQUE ANGLAISE DU NORD, DE L'INDE ANGLAISE ET IMPORTATIONS TOTALES DE BLÉ DES AUTRES PAYS, DE 1874 A 1884.

ANNÉES.	ÉTATS-UNIS.	AMÉRIQUE ANGLAISE DU NORD.	INDE ANGLAISE.	DES AUTRES PAYS.
	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.
1874............	1.170.866	193.404	54.705	2.107.156
1875............	1.191.966	183.114	67.815	2.630.748
1876............	980.429	122.791	166.018	2.255.222
1877............	1.082.480	147.938	310.130	2.751.474
1878............	1.471.366	132.182	92.420	2.530.431
1879............	1.827.921	237.575	45.072	3.015.901
1880............	1.833.365	197.792	164.959	2.804.023
1881............	1.830.734	145.331	371.289	2.897.767
1882............	1.781.028	136.389	430.655	3.259.918
1883............	1.324.144	91.341	571.169	3.255.286
1884............	1.148.391	89.276	406.903	2.393.391

Ainsi, tandis que les États-Unis nous envoyaient une quantité de blé presque uniforme pendant les quatre années 1879-1882, ils nous en envoyaient environ un tiers de moins en 1883, et moins encore en 1884. L'importation du blé du Canada a été en diminuant régulièrement depuis 1879, tandis que, depuis la même année, l'importation de l'Inde anglaise s'est accrue rapidement. Et en effet, bien que la quantité totale venue de l'Inde en 1884 ait été de 150 000 tonnes de moins que pendant l'année précédente, le rapport de cette quantité à celle de l'importation totale des deux autres pays est à près le même pendant les deux années; mais cette diminution porte par suite avec une égale force sur les États-Unis et le Canada, car on voit que l'importation totale dans le Royaume-Uni a été moindre en 1884 que dans aucune des sept années précédentes. Il n'est pas invraisemblable que les demandes personnelles des États-Unis ne puissent amener une diminution encore plus grande de la quantité de blé qu'ils peuvent donner à l'exportation; il en résulterait alors non seulement une diminution de puissance du plus formidable rival que le Canada rencontre sur le marché anglais; mais, il est même possible, comme l'exposé fait dans la première partie de ce sujet semble l'annoncer, que, dans un temps peut-être proche, les États-Unis eux-mêmes deviendront un pays d'importation, et le Canada se trouvera alors dans les meilleures conditions pour satisfaire à leurs demandes. Il est à peu près évident que, dans la Dominion, la culture extensive du blé s'accentue vers l'ouest; par exemple, le petit rendement moyen de la province de Québec

(9 à 10 boisseaux par acre) ne peut manquer d'être décourageant en présence des bas prix actuels. Quelle quantité de blé verrons-nous sortir de la province de Manitoba et du nord-est? Cela dépend beaucoup du débouché que rencontrera le blé récolté dans la prairie; mais j'ai déjà indiqué pourquoi il me semble qu'une agriculture mixte, sera probablement plus avantageuse au fermier que la production continue du blé. La variété de blé Red Fyfe, connue comme N° 1, *Hard*, qui croît si bien dans la vallée du fleuve Rouge et dans les parties les plus éloignées de la prairie, semble devoir être demandé de plus en plus à cause de ses grandes qualités pour la meunerie, qualités d'autant mieux appréciées que cette variété est mieux connue; et, comme le blé de cette qualité ne peut-être cultivé dans les pays plus méridionaux, au sud de la frontière, les fermiers des prairies du Canada sont en possession d'un monopole qui leur restera sans doute sans contestation.

La croissance rapide du commerce du bétail au Canada est remarquable, et quoiqu'il en soit résulté une grande baisse du prix de la viande sur le marché anglais, on doit cependant rappeler que les éleveurs anglais ont tiré de notables bénéfices des fortes demandes de reproducteurs de races de toutes sortes, qui ont été faites par les Canadiens, et ces demandes paraissent devoir continuer. L'avantage qu'ont trouvé les nourrisseurs canadiens à employer les bonnes races d'Angleterre est suffisamment démontré par ce fait, que la valeur moyenne par tête des bêtes à cornes exportées du Canada s'est accrue de 125 francs en 1874, à 325 francs en 1884; ajoutons cependant que la réduction toute naturelle des prix de transport et les moyens meilleurs et plus rapides de livraison n'ont pas été sans influence sur ces prix plus élevés.

Le tableau suivant montre l'exportation totale du bétail et des moutons venus du Canada pendant les années 1874 et 1884 :

	BÉTAIL.		MOUTONS.	
	NOMBRE.	VALEUR.	NOMBRE.	VALEUR.
		fr.		fr.
1884....................	90.664	29.564.450	304.474	7.730.750
1874....................	39.623	4.756.350	252.081	3.512.825
Accroissement pendant les dix années............	51.041	24.808.100	52.393	4.217.925

Ce grand commerce d'animaux vivants n'a été rendu possible que par l'excellente santé dont ils jouissent dans le Dominion, et j'ai montré quel soin scrupuleux on prend pour conserver une si précieuse source de revenu.

Quant à l'industrie du lait, le développement que présente aujourd'hui le commerce du fromage au Canada fait le plus grand honneur au Dominion, car il montre combien les fabricants de fromages sont arrivés successivement par leurs efforts à fournir un produit supérieur de qualité uniforme.

C'est juste l'inverse pour l'industrie de la fabrication du beurre ; mais il paraît évident, d'après ce qui a été établi à ce sujet, que les laitiers du Canada connaissent parfaitement leur infériorité comme fabricants de beurre, et que les moyens de production qui sont maintenant en progrès amèneront sans doute dans quelques années un changement nécessaire et favorable dans la qualité, et par suite dans la quantité du beurre destiné à l'exportation. Le tableau suivant donne un aperçu des fluctuations qui se sont produites dans le commerce du lait au Canada pendant ces dix dernières années :

EXPORTATION TOTALE DE BEURRE ET DE FROMAGE DU CANADA.

	FROMAGE			BEURRE	
	KILOGR.	VALEUR.		KILOGR.	VALEUR
		Fr.			Fr.
1884.........	34.353.507	39.118.110	1884.........	3.838.711	8.373.825
1874.........	10.895.094	17.616.000	1874.........	5.541.569	13.101.525
Accroissement.	23.458.413	21.502.110	Diminution....	1.700.858	4.727.700

Ainsi, tandis que la valeur des exportations de fromage a été plus que doublée pendant ces dix années, la valeur de l'exportation du beurre est tombée d'environ 40 p. 100 pendant la même période.

Jusqu'ici l'agriculture a été l'industrie principale du Canada, et, dans un pays aussi jeune, il en sera encore probablement de même pendant de longues années. Le grand commerce de bois de constuction des anciennes provinces est moindre qu'il n'était, et le

déclin dans la construction des navires se fait sentir au Nouveau-Brunswick et à la Nouvelle-Écosse. Les grandes facilités pour le transport que le Dominion possède avec ses splendides rivières et ses lacs a sans doute hâté de beaucoup le transport des bois ; mais ces facilités, jointes à des grandes artères de chemins de fer, comme le Grand-Trunk, l'Intercolonial et le Canadian Pacific, ont eu pour résultat de mettre le fermier canadien, bien qu'habitant la prairie éloignée, en contact direct avec les grands marchés du monde. Ce n'est pas trop de dire que, sans l'ouverture du grand Nord-Ouest, par le Canadian Pacific Railway, la colonisation et le développement des prairies de l'Amérique anglaise septentrionale auraient été indéfiniment reculés. Et même aujourd'hui, des chemins de fer plus nombreux sont nécessaires dans l'ouest pour pénétrer jusqu'aux richesses de la fertile vallée du grand Saskatchewan, et pour mettre le Winnipeg en communication avec la côte sud de la baie d'Hudson. Les prairies occidentales des États-Unis sont accessibles depuis 1840, tandis que celles du Canada ne sont traversées par le chemin de fer que depuis cinq ans environ.

Les pionniers de l'agriculture canadienne ont été presque partout des hommes qui n'avaient que peu de connaissances agricoles, et ceux qui sont venus accroître leur nombre n'avaient que des connaissances également défectueuses ; aussi n'est-il que juste de rappeler ces débuts, quand on porte un jugement sur l'état actuel de l'agriculture dans le Dominion. Il est hors de doute qu'un système d'instruction théorique et pratique de l'agriculture moderne, qui serait applicable en général, aurait une très puissante influence. Les Canadiens, du reste, reconnaissent l'infériorité de leur savoir ; nous en avons la preuve par les réponses obtenues par le « Select Committee d'agriculture », dont la majorité était favorable à l'établissement d'un bureau central, d'un champ d'expériences agricoles, et d'un département consacré aux statistiques d'agriculture; il désirait en outre voir mettre en circulation des manuels, des rapports et des bulletins donnant les résultats des récoltes. Il est bien à souhaiter que ces projets se réalisent d'ici peu de temps, et qu'au bureau central en soit adjoint un autre dans chaque province. Le gouvernement canadien n'a pas été sans souci des intérêts agricoles du Dominion, et dans ce pays jeune, et par suite pauvre, il est arrivé, au moyen de subventions données aux Sociétés d'agriculture, à stimuler les entreprises

et à exciter l'émulation des fermiers par des offres de prix aux expositions agricoles. La valeur de ces expositions rivales est bien montrée par le progrès marqué et rapide du bétail au Dominion et par la production de la variété de blé Red-Fyfe.

A mesure que la population des États-Unis deviendra plus compacte, le Canada trouvera probablement de ce côté un débouché pour quelques-uns de ses produits agricoles. Il n'épargnera aucun effort pour maintenir la situation qu'il s'est faite dans le commerce maritime du bétail, tandis qu'il s'efforcera de produire lui-même le peu de blé qui lui vient des États-Unis, dont l'exportation dans ce pays décroît si visiblement ; son grand concurrent de ce côté sera l'Inde anglaise. Avec une qualité supérieure de beurre, qu'il est bien capable de produire, il sera avantageusement placé pour défier le commerce danois avec les Indes anglaises, où le Danemark envoie de grandes quantités de beurre dans des caisses d'étain hermétiquement scellées.

Rien ne pourrait, à mon avis, avoir un effet aussi salutaire sur l'agriculture du Dominion, qu'une affluence de colons ayant l'expérience de l'agriculture. Et ce dont le Canada a le plus besoin pour le développement de ses grandes ressources, est un accroissement de capital qui servirait non seulement à étendre ses opérations agricoles, mais aiderait au développement de sa richesse en minéraux, et à l'établissement de manufactures.

Le Canada est la plus proche colonie anglaise. Il n'y a probablement pas une grande ville, certainement pas un comté dans le vieux pays qui n'ait pas fourni son contingent, faible ou fort, à la population actuelle du Dominion. Le sentiment de la famille d'un côté, et l'accroissement des relations commerciales de l'autre, poussent naturellement les deux pays à se rapprocher sans cesse davantage. Pour l'agriculture et le capitaliste, pour l'économiste politique et le philanthrope, le Canada avec son passé si court et son avenir si fécond en promesses, présente un problème dont l'intérêt n'a jamais été atteint par aucun autre. Le plus grand préjudice que le Canada ait à redouter, est son climat, et tous les pronostics fâcheux qui ont été donnés jadis au sujet des anciennes provinces sont maintenant visiblement transportés sur la prairie. J'irai même un peu plus loin, et j'affirmerai que cette race du peuple anglais, qui est née et a été élevée sous le ciel pur du nord du Dominion du Canada, avec son climat certainement rigoureux,

se développera dans la suite des générations, en donnant un peuple plus beau, plus brave, plus fort que les descendants du même peuple, qui vivent sous les latitudes plus basses du même continent. L'histoire naturelle se répète aussi bien que l'histoire politique, et les hommes sont point pour point ce que les fait leur entourage physique.

J'ai essayé de présenter un tableau de l'agriculture actuelle au Canada. Dans l'avenir, une autre plume que la mienne écrira peut-être de nouveau cette histoire, et les progrès qu'elle rappellera seront sans doute bien grands. Si je me suis trompé dans l'accomplissement de ma tâche, je pense que le critique le plus sévère affirmera hautement que ce n'est que dans l'emploi de couleurs d'une teinte trop brillante. Mais je puis avouer que j'ai eu parfois à réprimer un enthousiasme pardonnable, je l'espère, qui venait de mon admiration pour les efforts persévérants des hommes de notre propre race, pour ces hommes qui, dans le pays du castor et du buffle, ont créé une civilisation nouvelle et établi une grande colonie agricole. Ce peuple est animé d'une fidélité ardente et désintéressé pour le pays où il est né, et constituera, je l'espère, un trait-d'union éternel entre la mère patrie et le noble héritage qui appartient à ses fils et à ses filles dans l'hémisphère occidental. L'achèvement du « Canadian Pacific Railway », qui unit d'une bande d'acier les côtes canadiennes de l'Atlantique et du Pacifique, inaugure une ère de paisible conquête. A mesure que les années se dérouleront, les pionniers d'une agriculture progressive se dirigeront en nombre croissant dans la direction du soleil couchant, et établiront de nouveaux monuments de l'industrie anglaise et des entreprises anglaises sur ces côtes solitaires et éloignées du nord-ouest, où

L'herbe qui n'a jamais connu la faux
Pousse tant que dure l'été.

Nous avons donné les conclusions de ce mémoire important, parce qu'il montre combien sont rapides les progrès des Canadiens; en finissant, il nous est impossible de ne pas remarquer que l'auteur semble oublier complètement qu'une partie du Canada est peuplée de colons français qui, à force de courage, d'énergie, de persévérance, ont su conserver leur langue, leurs coutumes, leur religion.

Bien qu'abandonnés par la mère patrie depuis plus de cent ans,

bien que battus par un flot d'émigrants anglo-saxons, les Canadiens français n'ont pas oublié leur origine; et il serait grand temps que les capitalistes français vinssent un peu à leur aide pour leur fournir la seule chose qui leur manque; un peu plus d'argent pour développer leur agriculture.

Nos bons voisins ont tellement répété que les Français sont incapables de coloniser, qu'ils ont fini par nous apprendre cette phrase, que nous nous plaisons parfois à redire après eux. Il serait bien temps de comprendre qu'il est offensant pour nous de propager une erreur qui nous est si préjudiciable; que ce soit une erreur, qui peut en douter en voyant l'état actuel de l'Algérie comparé à ce qu'il était il y a cinquante ans, aux progrès réalisés si rapidement à Tunis, enfin à ces planteurs de Maurice restés Français de cœur, et surtout à ces Canadiens français qui ont leur large part dans la prospérité actuelle du Dominion [1].

P.-P. D.

1. Nous croyons devoir, à titre de renseignements et à l'appui de ce que nous venons d'écrire, reproduire un résumé d'un article de M. G. Demanche, paru dans le numéro de février de la *Revue française de l'étranger et des colonies*, publié par la *Revue scientifique;* on y trouve sur la conservation de la langue française et sur l'expansion de nos compatriotes au Canada des renseignements et des chiffres qu'il est bon de faire connaître à ceux qui nous refusent l'aptitude colonisatrice, comme à ceux qui cherchent les causes de la faible natalité de la France.

La capitulation de Montréal en 1760 ayant omis de stipuler la conservation de la langue française dans les actes officiels, ce n'est que trente ans plus tard, en 1790, et après des persécutions sans nombre, que notre langue acquit droit de cité dans les assemblées et les tribunaux. Néanmoins la langue anglaise continua encore longtemps à être la langue officielle du Parlement, et ce n'est que depuis 1848 que les deux langues sont traitées sur un véritable pied d'égalité.

Il est curieux de remarquer que, tandis qu'en France les idiomes provinciaux sont encore, à l'heure actuelle, fortement enracinés, il n'existe pas de patois au Canada. La raison en est qu'au XVII[e] siècle les écoles, les hôpitaux, les séminaires avaient à leur tête des hommes et des femmes très instruits, venant de toutes les parties de la France, et qui, en très peu de temps, eurent fondu les accents de leurs administrés en un seul corps où domine nécessairement le normand, mais où les accents de Chartres, de Tours et des Charentes prirent aussi une belle part.

Il paraît aussi que la culture du paysan canadien est supérieure à celle du paysan français en ce qui concerne la langue française. En outre, excepté dans quelques comtés de la province de Québec où le français est exclusivement employé, tous les Canadiens français parlent la langue anglaise, ce qui relève singulièrement leur niveau intellectuel. La réciproque n'est d'ailleurs pas vraie pour les Anglais, sauf dans les régions où ils sont en infime minorité. Aussi, quand un Canadien français et un Canadien anglais se rencontrent, neuf fois sur dix la conversation a-t-elle lieu en langue anglaise, circonstance qui pourrait donner le change à un observateur de passage.

Il faut aussi rendre aux Canadiens français cette justice qu'ils font tous leurs efforts

CLIMATOLOGIE DE GRIGNON

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

RECUEILLIES EN 1885

PAR

M. MARIE ALLARD
Répétiteur de sciences physiques

Situation de l'observatoire météorologique :

Latitude	48°50'55"
Longitude	0°23'47"
Altitude du sol	84m,45
Altitude de la cuvette du baromètre	85m,41

Organisation de l'observatoire.

Le nouvel observatoire de l'École de Grignon, installé depuis deux ans environ sous la direction de M. le professeur Lezé, se trouve situé sur un emplacement découvert et à une soixantaine de mètres des bâtiments. Cet emplacement repose sur un sol constamment engazonné et est entouré par un treillage haut de 1m,50. Il comprend deux logettes; l'une est formée simplement de quatre montants qui, à une hauteur de 1m,50 au-dessus du sol, supportent deux joues latérales, et deux toits séparés par un intervalle de

pour chasser de leur langue les expressions exotiques qui ont la prétention d'y trouver droit de cité. La plupart des mots techniques de date récente ont été traduits en français et sont employés dans le langage courant, tandis qu'en France nous acclimatons sans scrupules les mêmes mots étrangers. C'est ainsi que nous disons: *rail, wagon, sleeping car, tramway, ticket, square,* tandis qu'au Canada on dit: *lisse, char, char-dortoir, char urbain, billet, carré.*

La conservation de la langue française sur les bords du Saint-Laurent a été singulièrement favorisée par l'accroissement prodigieux des Canadiens français, accroissement qui est peut-être sans exemple dans l'histoire des peuples. Le dernier recensement de la population, fait en 1881, a donné 4 324 819 habitants, parmi lesquels on compte 2 556 600 Anglo-Saxons, 1 298 929 Français, 254 319 Allemands et 108 547 sauvages. Dix ans auparavant, la population n'était que de 3 647 596 habitants et en 1800 de 240 000 âmes, ce qui fait une augmentation annuelle, depuis le commencement du siècle, de 21 p. 100. Dans la même période de temps, l'accroissement n'était que de 15 p. 100 aux États-Unis. Le recensement de 1868 donnait encore la majorité à l'élément français dans l'ensemble des deux provinces du Canada. Mais celui de 1852 constatait la prépondérance de l'élément anglais, sans cesse alimenté par une émigra-

0m,15 et également inclinés vers le sud. Toutes ces pièces sont disposées de façon à permettre une libre circulation d'air, dans tous les sens, tout en abritant des rayons solaires : le thermomètre enregistreur, l'hygromètre enregistreur, le psychromètre, l'évaporomètre de Piche, le thermomètre à maxima, le thermomètre à minima et enfin le thermomètre ordinaire à mercure.

L'autre logette, absolument close, renferme le baromètre enregistreur, le baromètre Fortin, la partie enregistrante du pluviomètre, l'hygromètre de M. Crova, et différents accessoires.

Au milieu de l'enclos se trouve l'actinomètre fixé sur un support à 1m,70 de hauteur et formé des deux thermomètres conjugués d'Arago.

Comme on le voit, à l'énumération ci-dessus, le nouvel observatoire de Grignon comprend des instruments enregistreurs pour les phénomènes météorologiques qui ont le plus d'importance au point de vue agricole, à savoir : la température, la pluie, la pression atmosphérique et l'état hygrométrique de l'air.

L'utilité, et nous dirons même la nécessité des instruments enregistreurs pour les observations météorologiques, est incontestable à tous les points de vue. Il n'est pas suffisant, en effet, de consulter une ou plusieurs fois par jour le thermomètre et le baromètre ordinaires pour avoir des indications moyennes rigoureusement exactes, car, pendant l'intervalle qui sépare deux observations, il peut se produire une perturbation importante. Les thermomètres à maxima et à minima indiqueront parfaitement si la température

tion nombreuse, venue de la Grande-Bretagne, tandis que l'élément français bien que croissant énormément, ne se reproduisait que par lui-même, nulle assistance ne lui arrivant du dehors.

L'acte de confédération, longtemps combattu par les Canadiens français, a eu pour conséquence de noyer ces derniers dans le flot des Anglo-Saxons, bien qu'ils comptent pour les quatre cinquièmes dans la province de Québec. En somme, si l'on ajoute aux 1 300 000 Français du Canada, qui sont bien 1 500 000 aujourd'hui, les 4 ou 500 000 qui vivent aux États-Unis, on atteint deux millions; certes les 65 000 colons de 1760, dont ils sont les descendants, n'étaient pas dégénérés. Au Canada, les célibataires sont rares, les mariages se font jeunes, et les familles y ont une moyenne de huit à dix enfants, moyenne supérieure à celle des familles anglaises. Parfois le nombre des enfants de même père et de même mère atteint vingt-cinq, et quand ce chiffre est dépassé, le vingt-sixième enfant est élevé aux frais de la paroisse.

C'est dans cette rapidité d'accroissement que réside la force des Canadiens français. Qui sait si, avec quelques renforts de France, ils ne parviendront pas un jour à reprendre la prépondérance et à fonder dans le nord de l'Amérique un grand empire français destiné à servir de contrepoids à la république des États-Unis ?

a monté ou baissé depuis la dernière observation; mais ils ne diront rien, absolument rien, du temps pendant lequel le changement de température s'est fait sentir. Et cependant, ce temps a une grande importance, surtout au point de vue agricole, car il n'est pas indifférent qu'une plante ait été exposée à une température de plusieurs degrés au-dessous de zéro, pendant un quart d'heure ou pendant sept ou huit heures : en effet, il pourrait parfaitement se faire qu'elle résistât dans le premier cas, et qu'elle succombât dans le second. Le matin, on peut voir, sur un baromètre ordinaire, à mercure ou holostérique, si la pression a *baissé* ou *haussé* depuis la veille; mais on ne peut nullement savoir si, depuis la dernière observation, la pression a diminué d'abord, puis augmenté ensuite, pour atteindre la hauteur que l'on constate au moment de l'observation. Des variations momentanées de ce genre ne sont pas très rares; la courbe du baromètre le prouve assez souvent.

Les indications données par les pluviomètres ordinaires ne sont pas non plus suffisantes, car il est loin d'être indifférent de savoir qu'une épaisseur de $0^m,015$ de pluie, par exemple, est tombée sur le sol en deux heures ou en une journée. Dans le premier cas, l'eau n'aura pas eu le temps de s'infiltrer dans la terre et d'aller porter une fraîcheur, peut-être nécessaire, aux plantes; elle aura coulé à la surface du sol pour aller grossir le cours d'eau voisin.

Dans le second cas, la pluie étant tombée lentement, l'eau aura pu être absorbée presque en totalité par la terre.

Indépendamment de ces avantages, il en est un autre qui a bien sa valeur : l'instrument enregistreur supprime en grande partie le temps qui était nécessaire au relevé des observations directes, et permet à la personne chargée de ce service, qui doit être fait d'une façon absolument consciencieuse pour avoir quelque valeur, de vaquer plus facilement à ses occupations habituelles.

Il suffit alors que cette personne vérifie une ou plusieurs fois par jour, et à des heures moins fixes que dans le premier cas, les indications données par les enregistreurs, en les comparant à celles fournies par les instruments simples, plus sensibles et moins susceptibles de se déranger que les premiers; c'est ainsi que nous opérons à Grignon, chaque matin, vers neuf heures.

Avant de passer en revue les observations météorologiques faites pendant l'année 1885, nous allons donner une description, aussi

sommaire que possible, des instruments enregistreurs qui les ont relevées. Tous ces instruments nous ont été fournis par MM. Richard frères, constructeurs à Paris, et, depuis deux ans environ que date leur installation, ils n'ont cessé un seul instant de fonctionner régulièrement.

Baromètre enregistreur. — Le baromètre, représenté par la figure 1, consiste essentiellement en huit boîtes en métal élastique

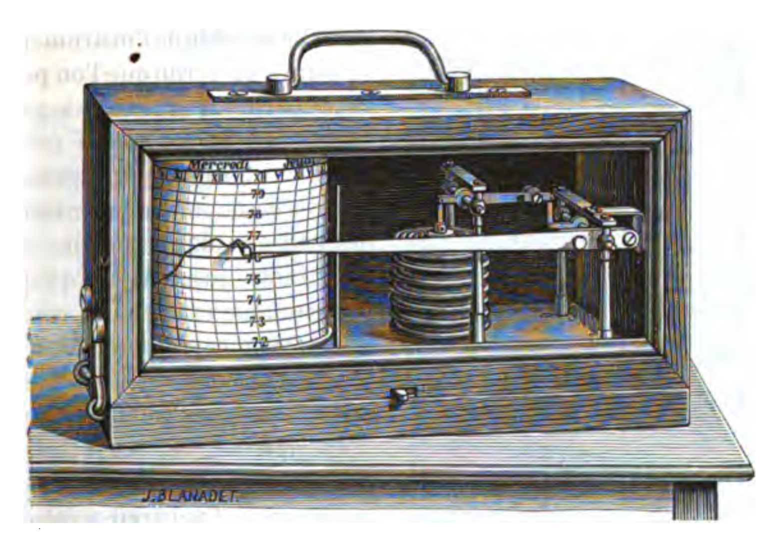


Fig. 1. — Baromètre enregistreur.

dans lesquelles on a raréfié l'air. Lorsque la pression atmosphérique augmente, toutes ces boîtes s'aplatissent, et, dans le cas contraire, leurs parois s'éloignent les unes des autres.

Toutes ces boîtes, reliées entre elles, agissent ensemble sur un système de leviers, qui fait mouvoir un style muni à son extrémité d'une plume particulière, formant réservoir d'encre et chargée de tracer sur une feuille de papier, disposée *ad hoc*, les pressions accusées par la partie sensible de l'instrument.

Cette feuille de papier est représentée par la figure 2 ; elle est divisée dans le sens de la hauteur par une suite d'arcs de cercle dont le rayon est égal à la distance qui sépare la pointe de la plume du centre de rotation du levier qui la porte. Ces arcs de cercle représentent les heures de nombres pairs. Dans le sens de sa longueur, elle est divisée par des lignes parallèles, équidistantes, et indiquant

les pressions. Cette feuille se fixe à l'aide d'un ressort en laiton sur un tambour, à l'intérieur duquel se trouve un mouvement d'horlogerie, réglé de façon à lui faire faire une révolution complète pendant la durée exacte d'une semaine.

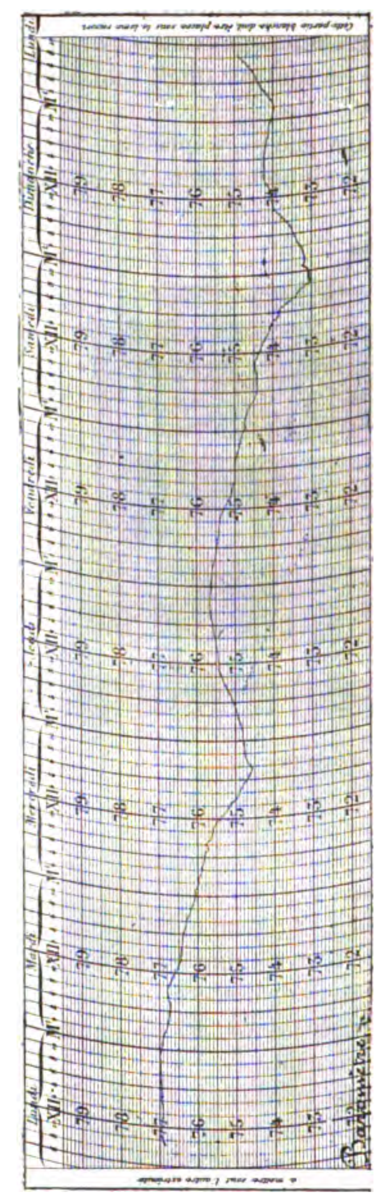


Fig. 2. — Courbe tracée par le baromètre enregistreur.

Au-dessous de la boîte renfermant l'ensemble de l'instrument, se trouve un écrou que l'on peut faire tourner à droite ou à gauche à l'aide de la clef qui sert à monter l'horloge. En agissant sur cet écrou, on fait monter ou descendre à volonté la plume enregistrante jusqu'à ce qu'elle communique exactement avec la graduation correspondant à la pression accusée par le baromètre Fortin pris comme étalon.

On agit sur cet écrou toutes les fois que, par une raison quelconque, l'appareil a été déréglé.

Thermomètre enregistreur. — La partie sensible de cet instrument est formée de deux lames métalliques, élastiques, soudées par leurs bords et conservant entr'elles un espace à section elliptique hermétiquement fermé après avoir été préalablement rempli d'alcool.

Cette partie sensible, formant thermomètre, possède une courbure régulière comme l'indique d'ailleurs la portion droite de l'instrument située en dehors de la boîte et représentée par la figure 3. Une de ses extrémités est

fixée au bout de deux tiges métalliques, rigides, faisant corps avec le bâti de tout l'appareil. L'autre extrémité porte une tige arrondie qui agit sur la plume enregistrante par l'intermédiaire d'un système de bielle et de leviers.

Quand la température monte, l'alcool, en se dilatant, redresse la courbure des deux lames métalliques et l'extrémité de gauche de la partie sensible baisse; dans ce mouvement, tout le système

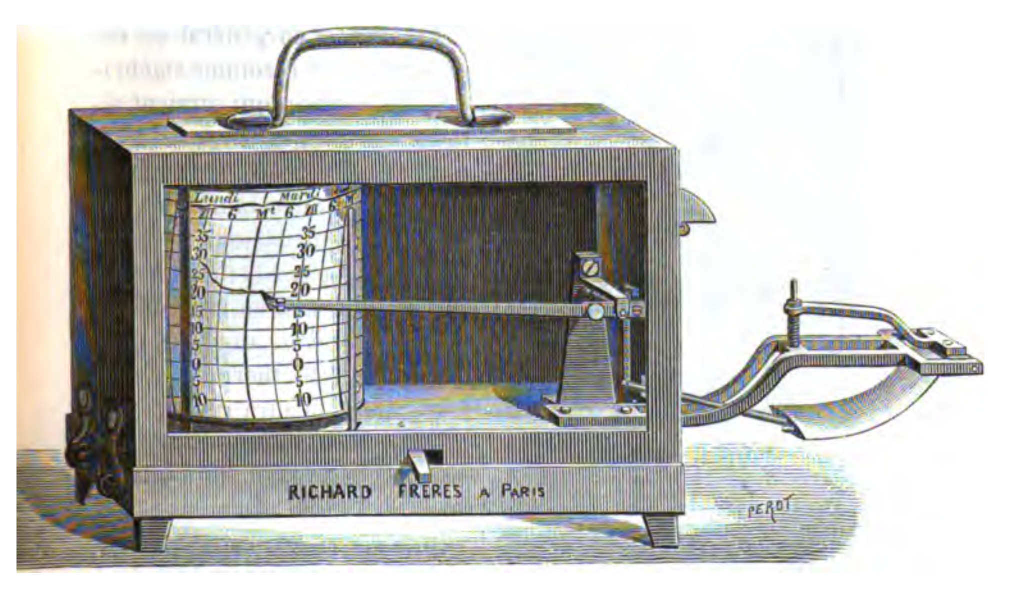


Fig. 3. — Thermomètre enregistreur.

de leviers est entraîné, et la plume trace un trait ascendant sur la feuille de papier fixée sur un tambour identique à celui du baromètre. Quand la température baisse le phénomène inverse se produit.

On règle l'instrument en agissant, à l'aide d'une clef spéciale, sur le ressort à boudin situé verticalement en dessus de la partie formant thermomètre.

La figure 4 représente une feuille sur laquelle la plume de l'instrument en question a tracé la marche régulière et continue de la température pendant une semaine. Un simple coup d'œil sur cette figure fait bien voir la supériorité des indications fournies par le thermomètre enregistreur sur celles données par le thermomètre ordinaire. En effet, avec ce dernier instrument, on n'aurait pu

construire une pareille courbe qu'en restant constamment auprès de lui, ce qui, bien entendu, est matériellement impossible.

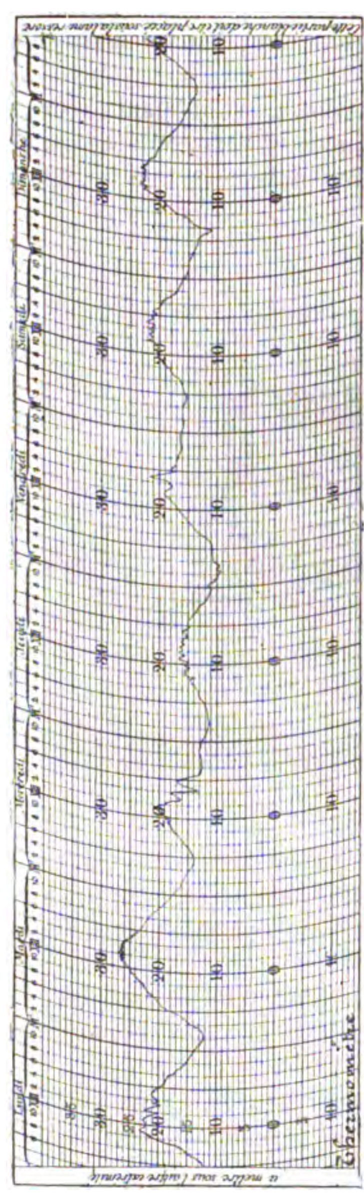


Fig. 4. — Courbe tracée par le thermomètre enregistreur.

Cette courbe continue a le grand avantage de permettre de trouver la température moyenne *exacte* pendant la semaine correspondante.

En effet, si en général on représente par S la somme algébrique des surfaces qui seraient situées de part et d'autre de la ligne de zéro degré, si la température était allée tantôt en dessus, tantôt en dessous de cette limite, puis par b la longueur de la ligne exprimée en millimètres et correspondant au temps pendant lequel le thermomètre a fonctionné, on aura :

$\frac{S}{b} = m$, la moyenne des ordonnées exprimant la température.

Si maintenant on représente par a l'espace vertical, évalué en millimètres et fractions de millimètres, parcouru par la plume sur le papier pour une variation de température de un degré, on aura $\frac{m}{a} = t$, la température moyenne cherchée.

La surface S pouvant être très rapidement mesurée avec le planimètre d'Amsler, il est facile de trouver t, la température moyenne de chaque semaine, et partant de là, celle d'un mois et celle d'une année.

Hygromètre enregistreur. — Cet instrument est représenté, dans

son ensemble, par la figure 5; il consiste essentiellement en une petite lame de corne qui s'allonge quand l'état hygrométrique de l'air monte et se raccourcit dans le cas contraire. Une des extrémités de cette lame, celle de droite, est fixée à une partie immuable du bâti de l'appareil; l'autre extrémité agit sur un système de leviers et fait monter et descendre la plume enregistrante, suivant que l'humidité de l'air augmente ou diminue. La partie enregistrante de cet hygromètre est en tout semblable à celle que nous avons décrite dans le baromètre.

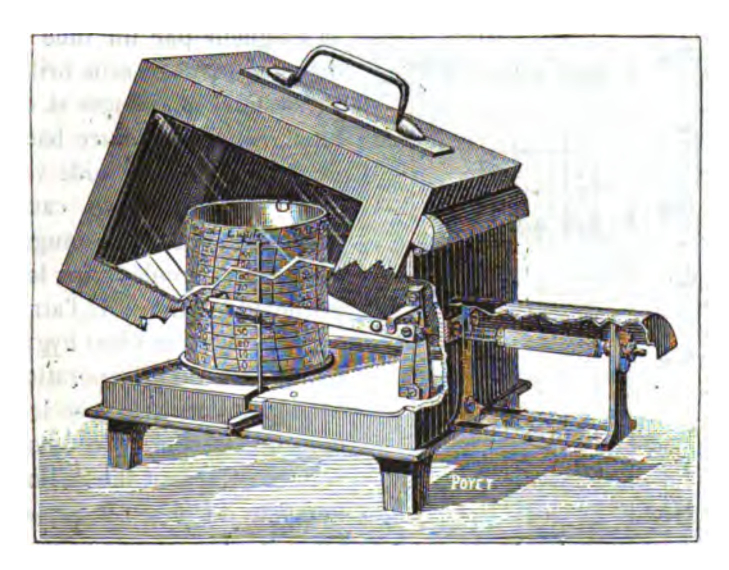


Fig. 5. — Hygromètre enregistreur.

Cet instrument est assez commode, en ce sens qu'il donne des indications sur l'état hygrométrique de l'air sans nécessiter d'opérations particulières; mais il a les inconvénients inhérents à tous les hygromètres basés sur l'allongement des matières organiques par l'absorption de l'humidité. Néanmoins les indications qu'il fournit sont assez exactes et méritent confiance, si on a soin de le vérifier souvent à l'aide d'un bon étalon. La figure 6 représente une des courbes décrites par cet instrument.

Hygromètre de M. Crova. — L'étalon qui nous sert à Grignon pour vérifier l'hygromètre enregistreur, est l'instrument très ingénieusement imaginé par M. Crova, professeur à la faculté des

sciences de Montpellier et construit par M. Golaz, à Paris. Depuis bientôt deux ans que nous nous en servons il n'a pas cessé de nous donner d'excellents résultats.

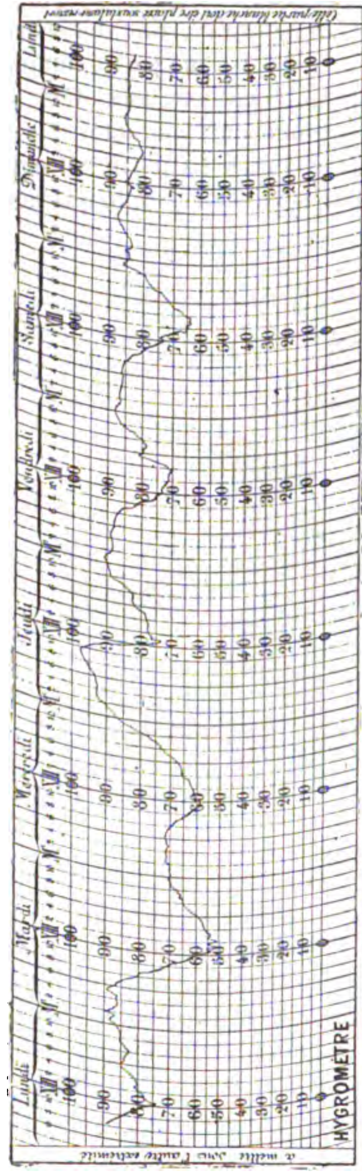


Fig. 6. — Courbe tracée par l'hygromètre enregistreur.

La figure 7 représente l'ensemble de cet instrument. Il est formé d'une boîte prismatique en métal nickelé, traversée horizontalement et dans le sens de sa longueur par un tube cylindrique à paroi interne brillante. Un système d'ajutages et de robinets permet de faire barboter de l'air dans un liquide volatil, éther ou sulfure de carbone, placé dans la boîte rectangulaire et de faire circuler dans le tube cylindrique intérieur, l'air dont on veut mesurer l'état hygrométrique. Quand l'évaporation du liquide volatil a abaissé la température au point de rosée, on voit, en regardant dans la lunette, la vapeur d'eau se condenser sur les parois internes du tube et former un anneau d'apparence fuligineuse. On arrête aussitôt le courant d'air dans le liquide, et, au moment où l'anneau noirâtre disparaît, on lit sur un thermomètre gradué au cinquième la température qui est celle du point de rosée; on prend la température ambiante de l'atmosphère avec le thermomètre fronde, et il ne reste plus qu'à chercher les tensions de vapeur à ces deux températures, puis à faire le rapport $\frac{f}{F}$ pour avoir l'état hygrométrique de l'air.

Le grand avantage de cet instrument sur les hygromètres de Regnault et d'Alluard est d'être d'un maniement facile et, surtout, d'avoir sa partie active abritée des courants d'air extérieurs, et, en conséquence, de donner très exactement la température du point de rosée.

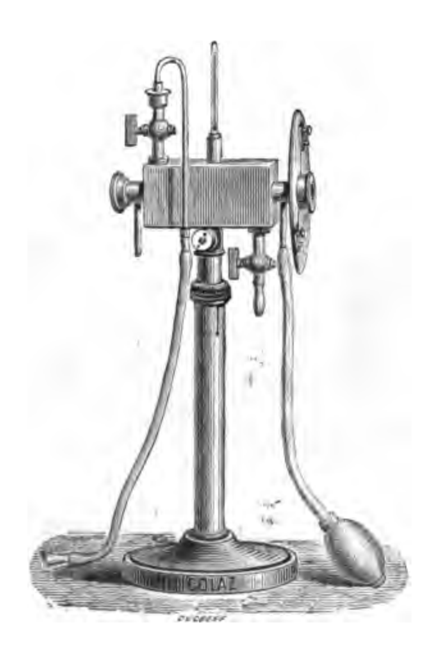


Fig. 7.— Hygromètre de M. Crova.

Pluviomètre : Balance enregistrante. — La balance représentée par la figure 8, peut servir à enregistrer aussi bien la pluie tombée que l'eau évaporée par une plante. Ainsi, le pluviomètre enregistreur que nous avons installé à l'observatoire de Grignon se compose essentiellement d'une balance analogue à celle qui est représentée par la figure 8; elle n'en diffère seulement que par la suppression d'un plateau qui est remplacé par un contre-poids.

Sur le plateau restant, nous avons placé un flacon ordinaire à large goulot, fermé par un bouchon traversé par la petite branche d'un siphon et par le bout d'un petit entonnoir destiné à conduire dans ce flacon l'eau de pluie recueillie par un autre entonnoir à bord tranchant et à surface préalablement calculée. La tige de ce dernier

traverse le toit de la logette et amène sur la balance installée dans celle-ci, l'eau de pluie reçue à l'extérieur.

Notre balance étant construite de façon que la plume monte de $0^{m},005$ sur le tambour enregistreur à chaque fois que l'on ajoute un poids de 10 grammes sur le plateau, il suffit de donner à l'entonnoir, chargé de recueillir l'eau de pluie, une surface de $0^{mq},02$ pour que un dixième de millimètre de pluie soit accusé par une ascension de la plume de $0^{m},001$.

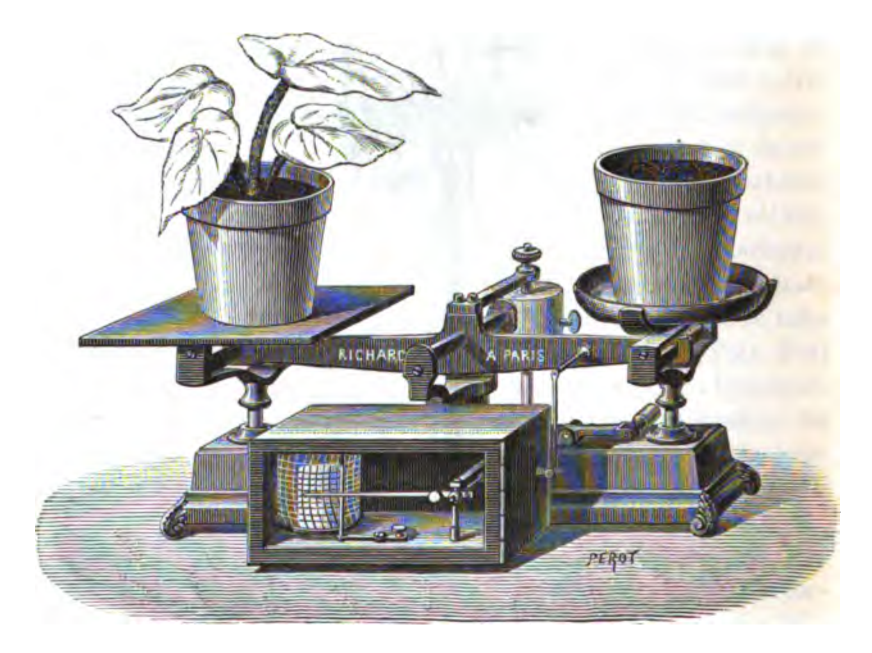


Fig. 8. — Balance enregistrante.

Le flacon placé sur le plateau de la balance et le siphon qui traverse son bouchon sont agencés de telle sorte que, lorsque la plume enregistrante coïncide avec le zéro de la bande de papier, le niveau de l'eau arrive juste à la hauteur de l'extrémité du siphon et que lorsque la plume se trouve à la partie supérieure du tambour, le flacon étant plein, le siphon s'amorce. Quand ce dernier a cessé de fonctionner, la plume est revenue au zéro et par conséquent peut recommencer à enregistrer une nouvelle quantité de pluie.

Ce pluviomètre, ainsi organisé, peut donc fonctionner d'une manière continue et sans intermittence. Les résultats qu'il peut

TABLEAU N° 1 INDIQUANT LES MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES DES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES, FAITES A 9 HEURES DU MATIN, A L'ÉCOLE DE GRIGNON, PENDANT L'ANNÉE 1884-85.

MOIS.	TEMPÉRATURE.				Pression barométrique à zéro.	Actinomètre différence moyenne[1].	Etat hygrométrique de l'air.	Pluie en millimètres.	VENTS DOMINANTS.
	A 9 heures du matin.	Maxima.	Minima.	A 0,30 sous terre.					
Décembre 1884	3.69	6.90	1.50	4.70	754.90	—	87.00	69.00	
Janvier 1885	— 1.03	2.69	— 2.86	1.37	751.80	1.60	89.00	15.60	Nord-est et sud-ouest.
Février	6.20	11.20	3.10	5.50	750.50	3.20	94.00	40.00	Sud-ouest et ouest.
Mars	4.86	9.88	— 0.80	6.04	755.98	6.93	80.35	45.25	Nord-ouest et nord-est.
Avril	9.50	16.40	3.20	9.20	750.60	6.70	75.00	38.30	Nord et sud.
Mai	12.30	16.80	4.40	11.40	752.70	9.90	69.10	64.85	Sud-onest et ouest.
Juin	18.40	23.90	9.50	17.20	757.60	8.20	69.00	35.25	Nord et nord-ouest.
Juillet	19.10	26.70	10.10	18.20	758.40	10.30	63.30	17.75	Nord, nord-ouest et nord-est.
Août	16.45	23.00	8.70	17.97	753.25	7.96	67.00	48.75	Nord-est et sud-ouest.
Septembre	13.96	10.76	8.83	15.56	754.07	6.06	79.20	77.75	Sud-ouest, ouest et nord-ouest.
Octobre	7.19	11.37	4.56	10.32	749.18	4.45	84.48	112.00	Sud-ouest, sud et nord-ouest.
Novembre	4.66	8.76	2.98	6.96	752.90	1.87	92.50	49.50	Ouest, sud-ost, nord-ouest et nord.
Moyennes et sommes.	9.60	14.70	4.43	10.37	753.49	5.51	79.16	604.00	Sud-ouest et nord-ouest.

1. Les chiffres renfermés dans cette colonne représentent les moyonnes mensuelles des différences de températures données par les thermomètres à boule claire et à boule noircie de l'actinomètre d'Arago.

donner sont bons si on a soin de prendre scrupuleusement certaines précautions; ainsi il faut que la plume appuie aussi légèrement que possible sur la feuille de papier, car, sans cela, le frottement produit par l'extrêmité de cette plume, joint à celui de toutes les parties mobiles et frottantes de la balance, diminue notablement la sensibilité de l'instrument et l'enregistrement ne se fait que par petites saccades.

D'un autre côté, il est aussi absolument nécessaire que le siphon ait un petit diamètre pour pouvoir fonctionner régulièrement. Si le diamètre de ce siphon est trop grand, lorsque sa partie supérieure et horizontale est pleine, l'eau ne passe brusquement dans sa grande branche et ne l'amorce que si la pluie tombe fort et que si par conséquent, les gouttes d'eau fournies par l'entonnoir sont très rapprochées les unes des autres.

Quand l'inverse se produit, c'est-à-dire quand la pluie tombe doucement, les gouttes d'eau, en arrivant dans le flacon, poussent la colonne d'eau jusqu'à l'origine de la grande branche du siphon et alors il se produit le phénomène suivant : le liquide suit, par capillarité, les parois du tube sans remplir complètement ce dernier et finit par arriver à l'extrémité pour tomber goutte à goutte sans amorcer l'appareil. Lorsque le siphon a un petit diamètre, cet inconvénient n'existe plus. Après avoir ainsi décrit aussi rapidement que possible les instruments qui nous servent pour relever les observations métécrologiques à Grignon; nous allons passer en revue les observations relevées pendant l'année 1885, et jeter un coup d'œil rapide sur leurs effets relatifs à la végétation.

Décembre 1884. — Pendant la première quinzaine de ce mois la température s'est maintenue relativement haute; ainsi les lectures du thermomètre à maxima ont varié entre 5° et 13°,5, si ce n'est que la température s'est maintenue pendant toute la journée du 1er au-dessous de — 0°,5.

Pendant la seconde quinzaine, la température a été plus basse; sur les treize jours de gelée qu'il y a eu pendant ce mois, il y en a onze compris dans cette quinzaine.

Les plus basses températures du mois ont été de — 6°,5 le 30; de — 5° le 1er et le 29.

Le 20, au moment de l'ouragan dont on conserve encore le souvenir, le baromètre est descendu à 0m,729.

Janvier 1885. — Pendant ce mois la température s'est main-

tenue presque constamment au-dessous de zéro. Du 10 au 20 la terre a été couverte de neige. Le thermomètre à minima est descendu vingt-cinq fois au-dessous de zéro.

Les températures maxima se sont fait sentir à la fin du mois, à partir de la fonte de la neige. Du 27 au 31, elles ont varié entre 6° et 12°. La température minima est descendue à — 10° le 16, le 17, le 24 et le 25; à — 12° le 22 et le 27; à — 13° le 23 et le 25.

La neige a été apportée par le vent du sud-ouest, le 10 et le 11; à partir de cette dernière date le vent est resté au nord-est et à l'est jusqu'au 27. Le 28 il a tourné au sud-ouest et la température s'est tellement adoucie que la neige a disparu.

Février. — En février la température s'est maintenue relativement élevée; le thermomètre à maxima est monté à 16° le 16 et le 17; à 17° le 25 et à 18° le 24.

Le thermomètre à minima est descendu à — 3° le 19, à — 2° le 22 et à — 1° le 24 et le 26.

La quantité de pluie tombée correspondant à une hauteur de $0^m,040$ est relativement forte. Il faut aussi remarquer que la pression barométrique a été faible pendant une grande partie du mois; elle est descendue à $739^{mm},8$ le 16, à $740^{mm},3$ le 3, à $740^{mm},9$ le 1er.

La hauteur maxima a été de 760^{mm} le 12.

Mars. — Le mois de mars a été beaucoup plus froid que le mois de février. Le thermomètre à minima est descendu vingt fois au-dessous de zéro ; les plus basses températures ont été de — 6° le 30; de — 7° le 29 et de — 8° le 20.

Le thermomètre à maxima est monté à 14° le 4, le 5, le 7, le 29 et le 30; le 31, il a atteint 15°.

Avril. — La première quinzaine d'avril a été caractérisée par un temps couvert et froid. Le thermomètre à minima est descendu à 0° le 2; à — 1° le 1er, le 7, le 12, le 14; et à — 2° le 13.

Cette température froide a produit de très mauvais effets sur la luzerne et sur les autres plantes fourragères; c'est à elle qu'il faut imputer, pour une large part, la médiocrité de la récolte fourragère de cette année.

Mai. — Le mois de mai, comme les deux précédents, a été défavorable à l'agriculture. Pendant une bonne partie de sa durée la température a été basse; elle est descendue à — 1° pendant les nuits du 8, du 15 et du 17; à — 3°,5 le 12 et à — 6° le 4. Cette

dernière température a causé beaucoup de dégâts sur les vignes et sur les pommes de terre.

En somme, le mois de mai a été caractérisé par un temps couvert et pluvieux; nous avons eu à Grignon dix-neuf jours de pluie pendant sa durée.

Juin. — Pendant ce mois, les températures indiquées par le thermomètre à maxima ont varié entre 17° et 34°, et même la première température n'a été observée qu'une fois, le 30.

Ces températures maxima se sont très régulièrement maintenues au-dessus de 20°. Les plus hautes ont été : de 34° le 4; de 31° le 5; de 30° le 8 et de 29° le 14 et le 24.

Le thermomètre à minima s'est constamment maintenu au-dessus de zéro et les plus basses températures qu'il ait indiquées sont : 3° le 2; 4° le 3 et le 8; 5° le 4, le 11 et le 13.

Les jours de pluie du mois de juin ont été peu nombreux; voici du reste comment se répartissent les 35mm,25 de pluie renfermés dans le tableau n° 1.

Le 16,	pluie tombée..............	0mm,50
Le 17,	—	3 ,25
Le 18,	—	8 ,00
Le 20,	—	0 ,50
Le 21,	—	0 ,50
Le 29,	—	7 ,00
Le 30,	—	15 ,50
	Total.......	35mm,25

La végétation qui avait été considérablement retardée par les temps froids des mois précédents a largement profité de la température élevée du mois de juin pour rattraper une partie du temps perdu.

Pendant la fenaison les cultivateurs n'ont pas été fréquemment gênés dans leurs travaux par les pluies et les orages comme cela arrive assez souvent. Les binages et les sarclages effectués dans les plantes sarclées ont produit de très bons effets; aussi ces plantes ont presque toujours été dans un état de propreté remarquable.

Juillet. — En juillet le temps a été chaud et calme; les jours pluvieux ont été très rares. En un mot tout le mois a été caractérisé par une sécheresse continue dont les plantes agricoles ont eu fortement à souffrir.

Dans beaucoup d'endroits, les blés n'ont pas trouvé dans le sol toute l'humidité qui aurait été nécessaire à l'évaporation, et ont dû mûrir trop vite. Conséquemment on a rencontré beaucoup

d'épis, dans lesquels les grains étaient petits, ridés et rabougris. Les avoines ont également beaucoup souffert de cette sécheresse. Dans les prés non arrosés, les graminées ne se sont pas développées et les regains ont été insignifiants. La luzerne ayant de longues racines et pouvant aller chercher profondément sa nourriture dans le sol et le sous-sol, a moins souffert de la sécheresse que les prairies naturelles; mais néanmoins ses rendements ont été faibles.

En juillet, le thermomètre à maxima est monté à 33° le 27; à 31° le 26 et à 30° le 11.

Le thermomètre à minima est descendu à 5° le 15 et le 18; à 8° le 3, le 10 et le 19; à 9° le 15, le 11, le 16 et le 26; pendant le reste du temps il s'est toujours maintenu au-dessus de cette dernière température.

La différence moyenne de 10° entre les températures données par les thermomètres noirci et clair de l'actinomètre, indique que le temps est resté clair, et que la lumière a été relativement intense pendant la plus grande partie du mois.

Août. — Le mois d'août a été caractérisé, à Grignon, par un temps calme et une sécheresse exceptionnelle.

Bien que le pluviomètre ait accusé une hauteur de 48mm,75 d'eau tombée, ce qui correspond à peu près à trois fois la quantité d'eau tombée en juillet, la végétation n'a pas moins souffert en août que pendant le mois précédent. Cela tient à ce que la pluie n'a commencé à tomber abondamment que pendant la dernière semaine du mois, et que la terre était par trop sèche le 5 et le 8 pour profiter quelque peu de l'eau tombée ces deux jours-là.

Voici comment se répartissent les 48mm,75 de pluie qui figurent dans le tableau n° 1.

Du 4 au 5 août, pluie tombée..........	8mm,00
— 7 — 8 — —	3 ,25
— 26 — 27 — —	10 ,75
— 27 — 28 — —	6 ,50
— 28 — 29 — —	4 ,25
— 29 — 30 — —	16 ,00
Total..........	48mm,75

En rapprochant les différentes moyennes de température du mois d'août de celles qui ont été observées en juillet on constate déjà une diminution assez sensible. Voici en effet la comparaison de ces moyennes :

	Juillet.	Août.
Température à l'ombre à 9 heures du matin........	19°1	16°45
— — maxima..................	26°7	23°00
— — minima..................	10°1	8°70
— à 0m30 sous terre.....................	18°2	17°97

En août le thermomètre à maxima a indiqué des températures qui n'ont pas dépassé 28°; les plus hautes ont été: de 28° le 1er; de 27° le 2; de 26° le 16 et le 17; les plus basses ont été de 14°,5, le 19 et de 18° le 20 et le 31.

Les températures minima les plus basses ont été de 2° le 21, de 2°,5 le 19; les plus hautes ont été de 19° le 12; de 15° le 28 et de 14° le 5.

Pendant le mois que nous envisageons, la pression a été assez constante; elle a été de 0m,741 le 14 et le 15; de 759mm,8 le 16; de 743mm,7 le 29 et de 746mm,2 le 28.

En consultant le tableau ci-dessus qui donne la répartition des pluies pendant le mois d'août, on voit combien les plantes agricoles ont pu souffrir de la sécheresse. Cette souffrance a été d'autant plus grande que le sol n'avait pas reçu d'eau depuis la première semaine de juillet, et qu'à partir de cette époque la température avait toujours été élevée.

Avant le 26 août la terre avait acquis un degré de siccité tellement grand que le développement des pommes de terre, des carottes, des betteraves, etc., était presque arrêté; on voyait les arbrisseaux se dépourvoir de leurs feuilles. En un mot toutes les plantes séchaient sur pied par suite du manque d'humidité dans le sol.

Dès que la terre a été trempée, les cultures ont complètement changé d'aspect: les prairies naturelles, grises avant ces pluies comme en plein mois de décembre, ont repris l'aspect d'un magnifique tapis vert. La luzerne et le trèfle ont poussé avec vigueur, surtout celle-là, et ont donné un pâturage assez important avant les froids.

Le trèfle et le sainfoin, semés dans les céréales de printemps, avaient bien réussi pendant toute la première période de leur existence; mais, cette sécheresse prolongée les avait tellement réduits qu'on n'en apercevait presque plus à la surface du sol. Heureusement les feuilles seules avaient séché et, aussitôt la terre trempée, les jeunes plantes ont pu pousser vigoureusement et reprendre possession du terrain.

Septembre. — Pendant ce mois la température a été assez constante, et ce n'est que vers la fin qu'elle est descendue plusieurs fois au-dessous de zéro.

Les températures les plus élevées ont été observées ainsi qu'il suit : 27° le 16; 26° le 14; 24° le 7, le 17 et le 23; les plus basses ont été de — 1° le 26, le 28 et le 29. La moyenne des températures maxima et minima a été de 14°,29.

La pression barométrique moyenne a dépassé celle du mois d'août de 0mm,82; ses maximum ont été de 764 le 22, et de 761 le 23; ses minimum ont été de 747,2 le 4; de 748,1 le 6 et le 7; de 740,6 le 11. Cette dernière pression a correspondu avec une tempête assez violente amenée par un vent d'ouest.

Le 10, à partir de huit heures du matin, la plume du baromètre enregistreur s'est mise à descendre régulièrement, et de la pression 757 à laquelle elle correspondait à cette heure, elle est descendue jusqu'à 739 le 11 à six heures du matin; à partir de cette dernière heure, la pression atmosphérique a augmenté rapidement tout d'abord et doucement ensuite, pour atteindre une hauteur de 760 le 12 à midi.

Le mois de septembre a été caractérisé, à Grignon par dix-sept jours de pluie, ayant donné une épaisseur de 77mm,75 d'eau. Depuis le 1er jusqu'au 11 inclusivement, il a plu tous les jours, excepté le 2.

Voici la répartition de ces pluies, avec les pressions barométriques et les directions de vent correspondantes :

Dates.	Quantités de pluie en millimètres.	Pression barométrique.	Direction du vent.
1er	8.5	755.3	S.-O.
3	3.5	749.1	S.-O.
4	8.0	747.2	S.-O.
5	2.0	748.2	S.-O.
6	5.	748.1	S.-O.
7	1.75	748.1	S.-O.
8	15.00	752.2	S.-O.
9	2.50	751.2	S.-O.
10	3.50	756.3	O.
18	18.5	753.2	S.-O.
22	0.5	764.0	S.-O.
24	3.0	757.3	S.-O.
25	2.0	752.9	N.-O.
26	2.0	751.4	N.-O.
29	0.75	754.0	S.-O.
30	2.25	752.5	S.

Comme on le voit, d'après ce tableau, la pluie a toujours été amenée par les vents du sud-ouest et de l'ouest.

Pendant les jours de beau temps, la pression barométrique a presque toujours été plus forte que pendant les jours de pluie, ce qui d'ailleurs, est bien conforme à la règle.

Ces pluies, bien qu'un peu trop prolongées, ont produit de très bons effets sur les plantes fourragères qui avaient beaucoup souffert de la sécheresse pendant les mois de juillet et d'août. Ce sont les plantes racines : betteraves fourragères, carottes, etc., qui ont le plus profité de ces pluies. Les prairies naturelles et artificielles avaient trop souffert du manque d'eau et avaient été trop retardées dans leur végétation pour pouvoir donner de bons regains avant les froids de l'automne. Ces pluies abondantes n'ont pas été favorables aux betteraves à sucre, car le développement rapide de ces plantes a été accompagné d'un appauvrissement considérable en sucre.

Octobre. — Ainsi que le montre le tableau n° 1, le mois d'octobre a été encore plus humide que le précédent. Il compte vingt-deux jours de pluie ayant fourni une épaisseur de $0^{m},112$ d'eau.

Ces pluies abondantes, apportées par des vents du sud, du sud-ouest et du nord-ouest, se joignent à la faiblesse continue de la pression atmosphérique, pour caractériser le mois en question.

Voici la répartition des pluies les plus abondantes, avec les pressions barométriques et les directions du vent correspondantes :

Dates.	Quantités d'eau.	Pression barométrique.	Direction du vent.
1er	3.50	749.7	S.-O.
4	7.00	755.0	S.-O.
6	3.00	753.8	S.-O.
7	3.25	748.2	S.-O.
9	13.00	741.8	S.-O.
10	10.00	728.8	S.
11	3.00	738.0	S.-O.
12	4.75	746.5	S.-O.
14	3.50	752.3	N.-O.
16	5.00	755.1	N.-O.
17	3.50	759.8	S.-O.
22	6.50	743.0	S.
24	8.50	741.9	S.
26	3.25	742.4	S.
27	8.00	738.8	S.
29	9.50	748.4	O.
31	11.25	743.0	N.-O.

Comme on le voit dans ce tableau, il y a encore une concomitance bien établie entre l'abondance de la pluie, la dépression atmosphérique, la direction sud-ouest et nord-ouest du vent.

En octobre la température a été très sensiblement plus basse qu'en septembre. Nous trouvons, en effet, une différence de : 6°,77 entre les températures moyennes à neuf heures du matin; 8°,41 entre les températures maxima de la journée; et 4°,27 entre les températures minima.

Les plus fortes températures maxima ont été de : 14° le 1, le 2, le 5, le 10, le 16 et le 18; de 13° le 7, le 8 et le 27.

Le thermomètre à minima est descendu cinq fois au-dessous de zéro, savoir: à —0°,5 le 8, le 12 et le 18; à —1° le 19 et à —2° le 15.

La pression barométrique s'est constamment maintenue en dessous de 760mm : 759,8 le 17; 758,9 le 2; 741,8 le 9; 738 le 11 et enfin 728,8 le 10, sont les pressions extrêmes enregistrées par le baromètre en octobre.

Le 9, à dix heures du soir, le baromètre s'est mis à baisser brusquement, et de 746mm il est descendu à 728,8 le 10 à huit heures du matin; il est resté à cette dernière hauteur jusqu'à deux heures de l'après-midi, heure à laquelle il s'est mis à remonter régulièrement. Cette dépression, considérable et subite, a été accompagnée de fortes pluies.

Novembre. — Pendant ce mois la pression barométrique moyenne a été supérieure de 3mm,72 à celle d'octobre. Aussi le nombre de jours de pluie a sensiblement diminué : il a été de 14 et l'épaisseur totale de pluie tombée a été de 49mm,50, seulement.

Les pluies ont été surtout fréquentes et abondantes pendant le dernière semaine du mois; voici d'ailleurs la répartition des plus fortes d'entre-elles avec les pressions barométriques et les directions du vent correspondantes.

Dates.	Pluie en millimètres.	Pression barométrique.	Direction du vent.
4	4.00	754.8	N.
5	4.25	752.5	O.
6	4.00	758.7	N.-O.
23	4.75	738.4	S.-E.
25	3.00	741.0	S.
26	12.75	743.9	S.-E.
27	6.50	747.8	S.-O.
29	6.00	751.5	S.-O.
30	1.50	755.3	S.-O.

Les plus faibles pressions barométriques ont été de 738^{mm},4 le 23; de 739,8 le 22, et de 741 le 25; tandis que les plus fortes ont été de : 762^{mm},7 le 7; de 760,6 le 8; et enfin de 760,3 le 10, le 11 et le 12.

Les plus fortes températures maxima ont été de 15° le 30; de 14° le 29, de 13° le 28 et le 26, et de 12° le 27.

Comme on le voit, en consultant le tableau ci-dessus, ces températures maxima ont coïncidé avec la période la plus humide du mois; elles ont donc été amenées, en même temps que les pluies, par les vents du sud et surtout du sud-ouest qui, sans nul doute, avaient été réchauffés par le *Gulf-Stream*, grand courant marin dont la température élevée se fait sentir d'une façon notable sur les côtes ouest de France, et en adoucit sensiblement le climat.

Le thermomètre à minima est descendu neuf fois au-dessous de zéro; il a indiqué une température de — 2° le 2, le 3, le 4, le 16, le 17 et le 22; de — 1° le 18, et enfin de 0° le 19. Toutes ces températures minima ont correspondu avec des vents qui soufflaient du nord ou du sud-est.

Décembre. — Voici les moyennes des observations météorologiques faites pendant ce mois.

Température à 9 heures du matin	1°39
— maxima à l'ombre	5°00
— minima —	— 0°74
— à 0^{m},30 sous terre	4°33
Pression barométrique réduite à zéro degré	761^{mm},19
État hygrométrique de l'air	93°15
Pluie tombée, en millimètres	44,20
Actinomètre, différence moyenne	1°77
Vents dominants	O.; N.-O. et S.-O.

Le mois de décembre dernier a été caractérisé par une température moyenne assez basse; pendant cette période nous n'avons pas eu à enregistrer de ces températures excessives caractérisant les hivers rigoureux, mais nous avons eu à constater de la neige pendant six jours, et une température au-dessous de zéro pendant dix-huit jours.

Les températures les plus basses ont été de — 12° le 9; de — 11° le 12; de — 10° le 10; de — 9° le 11 et de — 4° le 8.

Les températures maxima, les plus élevées ont été de 15° le 1er; de 13° le 6; de 9° le 4 et de 8° le 20.

La pression barométrique moyennne a été de 761^{m}/^{m} 19 et a dépassé de beaucoup celles des mois précédents.

Les plus fortes lectures ont été de 770mm,4 le 27; de 769,3 le 16 et le 17, et de 768,7 le 15.

A cette pression de l'atmosphère toujours élevée pendant le mois de décembre a correspondu une longue série de jours secs.

Le 5, à dix heures du matin, le baromètre enregistreur a baissé régulièrement jusqu'à six heures du soir; à partir de ce moment son mouvement descendant s'est accentué et a atteint la graduation 736mm le 6 à deux heures du matin; il est resté à ce niveau pendant quatre heures environ, ensuite sa plume est allée en remontant assez rapidement.

A cette dépression brusque a correspondu une pluie de 0m,010 qui a amené avec elle une élévation de température de 6°.

L'eau totale, tombée sous forme de pluie et de neige pendant le mois de décembre, a été de 44mm,20. La neige nous a été apportée par un vent du nord-est; elle a couvert le sol depuis le 8 jusqu'au 13.

En résumé l'année 1885 a été caractérisée, au point de vue météorologique, surtout par une sécheresse prolongée pendant une grande partie de l'été et par une période de pluies presque continuelles au commencement de l'automne. Cette période pluvieuse, commencée le 27 août, a duré pendant les derniers jours de ce mois et s'est prolongée presque sans interruption pendant septembre et octobre.

On se le rappelle, ces pluies ont rendu difficiles les travaux agricoles, tels que l'arrachage et le transport des betteraves, les labours, le transport des fumiers, etc.

Malgré ces phénomènes atmosphériques importants, l'année 1885 n'a pas été mauvaise dans notre région; en général, les récoltes ont été satisfaisantes en quantité et en qualité, ainsi à Grignon on a obtenu les rendements suivants :

Blé	34hl,25	à l'hectare	(sur 17 hectares 50)
Avoine	50 ,10	—	(sur 21 — 90)
Escourgeon	40 ,00	—	
Orge	23 ,00	—	
Betteraves (jaunes des barres)	72.460	kilogr. à l'hectare.	
Carottes (blanches à collet vert)	40.075	— —	
Maïs (jaune et caragna)	55.120	— —	
Trèfle incarnat	17.780	— —	
Luzerne (deux coupes)	6.071	— —	
Trèfle (deux coupes)	4.500	— —	

santes pour qu'il soit utile d'insister sur le prix d'achat des engrais.

Il n'en est plus de même pour les engrais fabriqués à la ferme pour le plus important de tous, le fumier.

Quelques auteurs s'appuyant sur le texte même des baux à ferme qui interdit la vente des fumiers, arguant de ce fait que le fumier n'est pas un produit, mais un élément de production, se refusent à discuter sa valeur.

Nous ne pouvons accepter cette fin de non-recevoir, le cultivateur a le plus grand intérêt à savoir ce que vaut son fumier comme élément de production, car suivant que l'emploi du fumier sera plus efficace que celui des engrais commerciaux où qu'il le sera moins, le praticien sera conduit à augmenter ou à restreindre les moyens de production de ce fumier : cultures fourragères et bétail.

Il est en outre absolument nécessaire pour les comparaisons à établir dans les champs d'expérience entre les différents engrais de chiffrer la valeur du fumier, car ce sera seulement en comparant cette valeur à celle des engrais commerciaux qu'on saura s'il convient de l'employer à doses plus fortes ou s'il est plus profitable de le remplacer partiellement par des engrais commerciaux.

Le plus grand nombre des écrivains agricoles accorde au reste au fumier, une valeur et cherche à déterminer son prix de revient en comparant les recettes des étables et des bergeries avec les dépenses d'aliments ou de paille que consomment les animaux pour leur nourriture et leur litière.

La notion ainsi acquise est toujours fictive non seulement à cause de l'interdiction que mettent les baux à la vente des pailles, mais en outre parce qu'il est bien difficile de déterminer exactement la valeur des aliments consommés par le bétail, qui souvent aussi ne sont pas des marchandises de vente : pendant l'automne notamment, les moutons sont parqués sur des chaumes où ils trouvent une nourriture qui évidemment n'est pas susceptible d'évaluation.

La difficulté qu'on a éprouvée à chiffrer la valeur du fumier est donc très réelle et il serait utile de trouver une méthode différente de celle qui a été jusqu'à présent en usage.

La seconde grande difficulté qu'on rencontre dans l'estimation de la valeur des engrais est due à la persistance de leur action pendant plusieurs récoltes successives.

Qu'on mette en parallèle dans un champ d'expérience un engrais comme l'azotate de soude et un autre comme le fumier, que l'azo-

tate de soude donne une récolte plus abondante que le fumier, faudra-t-il en conclure qu'il doit être préféré? Cette conclusion serait évidemment téméraire, car rien ne prouve qu'à la saison suivante on n'obtiendra pas de la parcelle qui a reçu du fumier une seconde récolte abondante sans aucun nouvel apport d'engrais, tandis que la parcelle qui aura reçu l'engrais soluble ne donnera plus qu'un médiocre produit ; il faut donc pour apprécier sainement la valeur des engrais tenir compte non seulement de leur action sur la récolte même qui les a reçus, mais sur les suivantes.

Tous les praticiens savent très bien qu'une année de récolte n'épuise pas l'effet utile du fumier, mais manquant de bases pour calculer la fraction de l'engrais consommé pendant la première année, c'est tout à fait arbitrairement qu'ils lui attribuent le tiers ou la moitié de la valeur de l'engrais introduit.

Le mode de calcul suivi pour apprécier ce qu'on appelait l'engrais en terre suppose implicitement que les engrais ne disparaissent que par l'action des récoltes et qu'aucun apport étranger ne vient s'ajouter à leur action; or nous savons aujourd'hui qu'il est bien loin d'en être ainsi.

Nous savons que les plantes dites épuisantes déterminent, par le mode même de culture qu'elles entraînent, des pertes d'engrais considérables, et nous savons d'autre part que par une série de transformations qui commencent seulement à être connues les plantes dites améliorantes tendent à enrichir le sol; les calculs basés simplement sur les prélèvements des récoltes ou les apports ostensibles d'engrais sont donc absolument inexacts et il convient de prendre une autre base d'appréciations. Il serait évidemment désirable que la détermination des valeurs des engrais et de leur répartition entre les diverses cultures successives reposât non plus sur des considérations purement hypothétiques mais sur des données expérimentales.

Pour réussir à dégager cette valeur, il faut d'abord se représenter nettement ce qu'est un engrais; il est clair que c'est une matière ajoutée au sol dans l'espoir que son addition augmentera la récolte sur laquelle il est employé. Augmenter la récolte est essentiellement le fait de la qualité de l'engrais ; il est évident que sa valeur sera d'autant plus grande qu'il déterminera une augmentation plus forte et il semble qu'on puisse trouver dans son mode même d'action une mesure de cette valeur.

Admettons que l'engrais vaut en raison de l'efficacité qu'il montre, il devient évident que s'il existe un moyen de connaître son efficacité, on pourra en déduire sa valeur au moment où il est appliqué et même celle des résidus qu'il laisse dans le sol, après une ou plusieurs récoltes.

Nous voulons donc essayer de prendre, pour estimer la valeur de l'engrais, son efficacité; si nous pouvons y réussir, les chiffres que nous trouverons reposeront sur des données purement expérimentales et seront indépendants de toutes les considérations de prix d'achat ou de prix de revient; il nous paraît en effet, qu'ils ne représentent en aucune façon la valeur de l'engrais. C'est ce qu'il nous faut d'abord discuter.

II. — La valeur des engrais est indépendante de leur prix d'achat ou de leur prix de revient.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, l'engrais n'est qu'un moyen de production, il vaut d'après son efficacité, qui varie naturellement avec le sol sur lequel il est appliqué, avec la plante qu'il doit soutenir. Cette valeur est indépendante du prix d'achat ou du prix de revient et c'est précisément parce que la valeur de l'engrais est indépendante de ce prix d'achat qu'on est conduit à expérimenter dans des conditions variées pour connaître dans chaque cas particulier la valeur qu'il présente.

Si le cultivateur réclame des champs d'expérience, si l'État crée des champs de démonstration, si nombre d'agronomes ont accumulé les essais de culture, c'est précisément parce qu'il est douteux que la valeur de l'engrais soit représentée par son prix d'achat; si ces deux valeurs étaient identiques, les expériences seraient oiseuses; on saurait que le nitrate de soude vaut de 25 à 30 francs les 100 kilos; le sulfate d'ammoniaque 28 à 32 francs et l'acide phosphorique soluble 0 fr. 60 le kilo; il n'y aurait pas lieu de faire des essais.

Mais le cultivateur apprend qu'un de ses voisins a employé le sulfate d'ammoniaque avec avantage, que tel autre n'en a tiré aucun profit, il doute dès lors que la valeur de cet engrais soit partout la même et il désire connaître les conditions dans lesquelles il lui trouvera une valeur supérieure à son prix d'achat.

On n'établit des champs de démonstration que pour lever les

doutes qui assiègent le cultivateur, on sait que ce sera seulement quand il aura constaté *de visu* l'effet produit, qu'il se sera rendu compte de l'*efficacité* de l'engrais, qu'il prendra la résolution de l'employer ou de s'abstenir. C'est donc l'efficacité de l'engrais et non son prix d'achat qui fixe sa valeur.

Il découle manifestement de ce premier point que la valeur de l'engrais est essentiellement variable, elle dépend de la nature du sol, de celle de la plante, de la succession des récoltes, il est donc impossible de la calculer *a priori*, elle ne peut être fixée que par l'*expérience*, et il est nécessaire que les conditions dans lesquelles l'expérience sera exécutée soient si nettement définies que le cultivateur puisse en conclure que si ces conditions s'appliquent au sol qu'il cultive, il a, en la reproduisant, grandes chances de réussir.

Les nombreuses expériences exécutées à Grignon ont montré que les engrais phosphatés n'augmentent pas les récoltes; il est clair que pour le sol de Grignon ces engrais n'ont pas de valeur; les cultivateurs des environs ont fait leur profit de cet enseignement et ne font aucune dépense de phosphates. Ces engrais ont au contraire une valeur considérable pour les sols de Bretagne où ils permettent d'obtenir des récoltes de terres qui sans eux seraient stériles.

La valeur de l'engrais dérivant de son efficacité, il importe de préciser le mode d'estimation de cette valeur, basée non plus sur le prix d'achat ou sur le prix de revient, mais sur l'efficacité déterminée par l'expérience.

III. — Méthode employée pour calculer la valeur des engrais.

Je suppose que le cultivateur qui veut se renseigner sur la valeur des engrais ait disposé un champ d'expériences; il aura soin de choisir une terre bien homogène, de donner à toutes les parcelles qui vont entrer en comparaison les mêmes façons et d'y semer les mêmes graines; pour que les différences qu'il espère obtenir puissent être judicieusement attribuées aux engrais employés, il est clair que les engrais seuls doivent différer.

Une des parcelles étant cultivée sans engrais, une autre reçoit un poids P de l'engrais dont il s'agit de trouver la valeur x. Si nous supposons que la parcelle qui a reçu l'engrais ait fourni une récolte R dont le prix de vente soit de V, le produit brut de cette

parcelle sera RV; si la parcelle sans engrais a fourni une récolte R' de la même plante ayant encore une valeur V, la différence des produits bruts sera RV — R'V ou plus simplement (R — R')V. Pour obtenir cette différence on a employé le poids P d'engrais. L'expression

$$\frac{(R - R')V}{P}$$

représentera la valeur x de l'unité de poids de l'engrais.

Prenons un exemple fictif pour bien montrer comment s'applique ce calcul : on a employé 300 kilos d'azotate de soude sur un hectare de betteraves et on a récolté 30 000 kilos de racines à 25 francs la tonne, d'autre part, sans engrais, on a obtenu 25 000 kilos de racines valant encore 25 francs. La différence 30 000 — 25 000 = 5 000 kilos de betteraves vendues 25 francs la tonne, on a donc eu 125 francs de supplément de récolte; en divisant 125 par 3, on aura la valeur des 100 kilos d'azotate de soude qui sera de 41 fr. 60.

Il est clair que si le prix de vente de la récolte des deux parcelles n'est pas le même, l'expression deviendrait :

$$\frac{RV - R'V'}{P} = x.$$

Discutons cette formule pour voir à quelles conséquences elle conduit, relativement à la valeur de x.

Nous devons désirer que la valeur de x soit la plus élevée possible : en effet, x est la valeur calculée de l'unité de poids d'engrais acheté ou produit; plus sa valeur dépassera son prix d'acquisition ou de revient et meilleure sera notre culture.

Pour que x ait une valeur maxima, il faut que le numérateur soit le plus grand possible et le dénominateur le plus faible.

Il est évident, en effet, que l'engrais sera d'autant plus efficace qu'il en faudra employer une dose plus faible pour obtenir la différence constatée R — R' entre la parcelle qui l'a reçu et celle qui en a été privée; il est évident également que l'engrais aura une valeur d'autant plus grande que sous son influence, la différence R — R' sera plus élevée.

Il est bien à remarquer que la valeur des engrais croît avec le prix de vente des denrées agricoles; en effet, le chiffre V est au numérateur et multiplie la différence R — R'. Cette conséquence est évidente; en employant un poids P d'engrais j'ai obtenu, il y a dix ans, pour la valeur R — R', 10 quintaux métriques de grain; le quintal valait à cette époque 30 francs, la valeur de x à cette

époque était $\frac{300}{P}$; si actuellement j'ai encore cette même différence de 10 quintaux en employant le même poids d'engrais, je trouve, à cause de la baisse du prix du blé, qu'ils ne valent plus que 200 francs; la valeur de x est donc actuellement $\frac{200}{P}$; il y a dix ans, elle était de $\frac{300}{P}$: il y a dix ans l'engrais valait plus qu'il ne vaut aujourd'hui.

Cette conséquence est tellement fatale, il est tellement nécessaire que le prix d'achat des engrais ne s'écarte pas trop de leur valeur, que la baisse des produits agricoles a entraîné celle des engrais; les prix de l'azotate de soude, du sulfate d'ammoniaque ou de l'acide phosphorique ne sont plus aujourd'hui ce qu'ils étaient il y a dix ans.

Le mode de calcul que nous venons d'indiquer conduit non seulement à la détermination de la valeur des engrais, elle permet en outre de savoir comment l'engrais se partage entre diverses cultures successives.

La valeur de x déterminée précédemment repose seulement sur la comparaison entre les deux premières récoltes R et R′, mais il est rare qu'un engrais épuise son action en une année; très habituellement au contraire son influence est encore sensible pendant les années suivantes; pour connaître cette seconde valeur de l'engrais qu'il faudra ajouter à la première, il conviendra donc de continuer la culture sur les deux parcelles précédentes pendant une seconde saison, sans nouvel apport d'engrais. Supposons que pendant cette seconde saison on ait une récolte R'' sur la parcelle qui a reçu l'engrais l'année précédente et une récolte R''' sur la parcelle cultivée sans engrais; il peut arriver que $R'' = R'''$ auquel cas l'action de l'engrais est épuisée et la valeur se réduit au chiffre x trouvé la première année, mais plus habituellement il n'en est pas ainsi et on a $R'' > R'''$.

En effectuant comme dans le cas précédent le calcul

$$\frac{(R'' - R''')V'}{P}$$

on aura une seconde valeur x' qui variera naturellement avec le prix de vente V′ afférent à cette seconde récolte.

En comparant x à x' on saura comment l'engrais s'est partagé entre les deux récoltes et par suite quelle part incombe à chacune des cultures.

En continuant pendant une troisième année la culture sur les mêmes parcelles toujours sans nouvel apport d'engrais on aura une troisième valeur x'' à ajouter aux deux premières, et ainsi de suite jusqu'au moment où l'assolement terminé on donnera une nouvelle fumure.

La valeur totale de l'engrais X sera donc formée de valeurs partielles $x + x' + x'' + x'''$; et, ainsi qu'il a été dit, ce mode de calcul nous fournit non seulement une appréciation exacte de X pour les conditions dans lesquelles on a opéré, mais encore elle nous donne la fraction de X qui incombe à chacune des cultures, non plus arbitrairement, mais d'après une donnée expérimentale, et on conçoit que si on avait un nombre suffisant d'expériences exécutées dans des conditions identiques, on pût en tirer pour chacune de ces valeurs une estimation approchée qui serait d'une grande utilité dans les calculs auxquels se livrent les cultivateurs.

La valeur de X étant ainsi déterminée, il nous reste à la comparer au prix d'achat ou au prix de revient présumé des engrais employés.

Quand on a fait usage d'un engrais commercial, la comparaison est bien simple, et suivant que X sera plus grand, égal ou plus petit que A, prix d'achat de l'engrais, il en faudra conclure que l'emploi a été avantageux, indifférent ou nuisible.

Il faudra bien toutefois se garder d'aller au delà de l'expérience et vouloir en conclure dans le cas où X est plus petit que A, que l'engrais ne doit pas être employé dans le sol considéré; l'expérience veut dire seulement que dans les *conditions où l'on s'est placé*, l'emploi de l'engrais a été onéreux, mais dans d'autres conditions, employé en d'autres quantités, il eût pu devenir avantageux; j'en donnerai dans les pages suivantes de nombreux exemples.

Si l'engrais est fabriqué dans la ferme, la comparaison devient moins rigoureuse, puisqu'on ne sait que d'une façon approximative le prix de revient de cet engrais; toutefois on aura un aperçu qui suffira pour guider le cultivateur et lui indiquer dans quel sens il doit se diriger.

Il aura même dans la valeur que ses cultures donneront à son fumier, après telle ou telle rotation, composée de telles ou telles espèces ou variétés, une justification de sa conduite, ou au contraire un avertissement salutaire que la route dans laquelle il est engagé est dangereuse.

Appliquons maintenant les règles précédentes à quelques exemples pour montrer les résultats auxquels elles conduisent.

IV. — Valeur de l'acide phosphorique employé à diverses doses sur les cultures de betteraves.

Dans les expériences que nous avons exécutées, M. Porion et moi, à Wardrecques, en 1885, nous avons trouvé qu'en ajoutant à des betteraves Vilmorin une fumure complémentaire de 600 kilos de superphosphates, nous avons eu un produit brut de 1832 francs, tandis que sans fumure complémentaire ce produit brut était seulement de 1626 francs, la différence est de 206 francs.

$$\frac{206}{6} = 34 \text{ fr. } 30.$$

Les 100 kilos de superphosphates ont donc dans ce cas présenté une valeur de 34 fr. 30. Or, on les avait achetés 10 francs : leur valeur surpassait donc de beaucoup leur prix d'achat, nous avons eu raison de les employer à cette dose.

Quand nous avons employé 1200 kilos de superphosphates, nous avons eu un produit brut de 1882 francs, la différence avec la parcelle sans engrais complémentaire est de

$$1882 - 1626 = 256 \quad \frac{256}{12} = 21 \text{ fr. } 03.$$

On voit combien la valeur des superphosphates est devenue moindre quand on a augmenté la dose employée. L'emploi de la dose de 1200 kilos est évidemment exagérée.

Sur les betteraves Dippe nous avons obtenu des résultats analogues : le produit brut fourni par les parcelles qui ont reçu 600 kilos de superphosphates a été de 1778 francs, tandis que sans cet engrais complémentaire on avait eu seulement 1536 francs. La différence est de 1778 — 1536 = 242. Si nous divisons par 6 pour avoir la valeur des 100 kilos nous trouvons :

$$\frac{242}{6} = 40 \text{ fr. } 30.$$

Quand nous avons employé sur ces mêmes betteraves 1200 kilos de superphosphates, nous avons obtenu un produit brut de 1816 francs; en le retranchant de 1536 nous avons 1816 — 1536 = 280 francs; mais comme il nous faut diviser par 12 nous avons pour les 100 kilos la valeur :

$$\frac{280}{12} = 23 \text{ fr. } 30.$$

VI. — Valeur du fumier employé à la culture successive des pommes de terre et du blé.

Avant d'abandonner ce genre de calcul, je voudrais comparer la valeur du fumier de ferme dans ces deux cultures successives.

De 1875 à 1879, on a distribué chaque année sur le sol du champ d'expériences 20 000 kilos de fumier à la culture des pommes de terre Chardon qui ont fourni un excédent moyen de tubercules de 50 hectolitres chaque année; on a donc pour la valeur moyenne du fumier :

$$\frac{50 \times 4}{20} = 10 \text{ francs.}$$

De 1880 à 1883, aux pommes de terre a succédé le blé sans engrais, la parcelle 17 qui avait reçu pendant cinq ans 20 000 kilos de fumier chaque année a fourni sur la parcelle sans engrais les excédents suivants :

	Grain. kil.	Paille. kil.
1880	1250	2840
1881	760	2326
1882	240	1825
1883	730	950
Excédent total pour les quatre années...	2980	7940

Si nous prenons pour calculer la valeur de ces excédents les prix actuels, nous trouvons, pour les 2980 kilos de grain à 20 francs le quintal : 596 francs, et pour les 7940 kilos de paille à 40 francs la tonne, 290 fr. 60 : ou pour l'ensemble : 895 fr. 60. Cet excédent a été obtenu par l'emploi de 100 000 kilos de fumier, il faudra donc en prendre le centième pour obtenir la valeur de la tonne de fumier qui ressort à 8 fr. 95. — Le fumier employé à cette succession, — pommes de terre, blé, — à cette dose de 20 000 kilos, a donc été de 10 fr. + 8,95 = 18 fr. 95.

Pour montrer nettement comment le mode de calcul que je pro-

résulte que si l'engrais a exercé une action favorable, les débris des végétations antérieures sont considérables; ils sont faibles au contraire, si la végétation a été peu vigoureuse; or les fortes doses d'engrais soluble paraissent exercer sur les propriétés physiques des sols une influence fâcheuse que n'ont pas au même degré les doses plus faibles; les excédents de récoltes obtenus avec 1200 kilos d'azotate de soude ont été très médiocres, de là les faibles résidus laissés aux cultures suivantes et l'identité des récoltes de blé de la parcelle sans engrais et de celle qui avait reçu antérieurement 1200 kilos d'azotate de soude.

pose permet de juger l'emploi de doses plus ou moins fortes du même engrais, je calculerai encore la valeur du fumier pour la parcelle 18 qui a reçu chaque année, de 1875 à 1879, 40 000 kilos; l'excédent sur la parcelle sans engrais est seulement de 56 hectolitres de pommes de terre ou 224 francs, d'où la valeur appliquée à la culture de la pomme de terre est :

$$\frac{224}{40} = 5 \text{ fr. } 60.$$

Pour les quatre années de blé les excédents sont les suivants :

	Grain. kil.	Paille. kil.
1880	900	2395
1881	1010	1825
1882	25	1630
1883	530	1200
Excédent total pour les quatre années...	2465	7050

et en calculant la valeur de cet excédent à 20 francs le quintal pour le grain, 40 francs la tonne pour la paille, nous avons 493 francs de grains et 232 francs de paille ou 775 francs pour la totalité. En divisant par $40 \times 5 = 200$, nous aurons la valeur de la tonne de fumier ou 2 fr. 85 qui, ajoutés aux 5 fr. 60 trouvés pour la culture de la pomme de terre donnent 8 fr. 45.

En résumé, nous trouvons, pour la valeur de la tonne de fumier appliquée à la dose de 20 000 kilos : 18 fr. 95, et seulement 8 fr. 45 pour la tonne employée à la dose de 40 000 kilos.

On voit combien la question de l'emploi des engrais est complexe, combien il est inexact de dire qu'il suffit de forcer les fumures pour obtenir des récoltes plus rémunératrices, ces fumures très abondantes ne sont pas utilisées et, dès lors, la valeur de l'unité d'engrais, calculée d'après son efficacité, décroît.

On ne peut pas affirmer qu'après quatre années les résidus laissés par les fumures précédentes soient absolument épuisés, mais il est très curieux de constater que les résidus des fumures de 40 000 kilos n'ont pas montré plus d'efficacité que ceux de 20 000 kilos; ils ont même généralement été plus bas, comme si cette grande masse de matières organiques, ajoutée au sol, lui avait donné une porosité fâcheuse.

Au reste, l'exemple précédent est choisi dans des cultures anormales, et il ne peut nous donner qu'une valeur fictive pour le

fumier; aussi il nous tarde d'arriver à des exemples qui soient mieux d'accord avec la pratique agricole.

VII. — Valeur du fumier dans une succession : maïs, blé et trèfle.

Quand l'assolement est bien choisi, que les quantités de fumier employé sont modérées, la valeur de la tonne augmente dans une proportion inattendue.

En 1883 on a distribué à la parcelle **49** du champ d'expériences de Grignon 30 000 kilos de fumier, on y a semé du maïs fourrage et on en a récolté 88 000 kilos, tandis que la parcelle sans engrais n'en a fourni que 64 000 kilos : la différence est de 24 000 kilos; si on admet que la tonne de ce fourrage vaut 15 francs, on aura pour la valeur de l'excédent 360 francs qui donnent pour la valeur de la tonne de fumier :

$$\frac{360}{30} = 12 \text{ francs.}$$

En 1884, le maïs a été remplacé par du blé, et on n'a pas donné d'engrais pensant que les 30 000 kilos de fumier n'étaient pas épuisés; on a en effet récolté sur la parcelle sans engrais en 1883 : 21 quintaux métriques de grains et 2675 kilos de paille, tandis que la parcelle **49** qui avait reçu le fumier l'année précédente a donné 32 quintaux métriques et 5400 kilos de paille; la différence est 11 quintaux métriques de grain et de 2775 de paille; on trouve pour le prix de cet excédent 220 francs pour le grain et 110 francs pour la paille ou 330 francs pour la totalité, c'est donc une nouvelle valeur de $\frac{330}{30}$ ou de 11 francs à ajouter à la valeur de la tonne de fumier déduite de la culture du maïs-fourrage.

On avait semé au printemps de 1884 du trèfle dans le blé, on a récolté 6050 kilos de foin sur la parcelle **49** et 2900 sur la parcelle **52** on a ainsi une nouvelle différence de 3150 kilos de foin qui vaut actuellement 100 francs la tonne; on a donc un excédent de 315 francs pour le trèfle, d'où pour la nouvelle valeur à ajouter au fumier :

$$\frac{315}{30} = 10 \text{ fr. } 50.$$

La tonne de fumier a produit des excédents qui lui donnent :

		fr.
Pour le maïs une valeur de	....	12
Pour le blé	—	11
Pour le trèfle	—	10.5
		33.5

La tonne de fumier vaut donc quand elle est judicieusement employée 33 fr. 50, et cette valeur s'est presque également partagée entre les trois récoltes considérées.

Au trèfle de 1885 a succédé du blé qui est sur pied en ce moment; si les récoltes diffèrent encore sur ces deux parcelles, il y aura une nouvelle valeur à ajouter à la précédente.

Conclusion. — Variabilité de la valeur de l'engrais.

Il découle évidemment de toute la discussion précédente que la valeur de l'engrais est essentiellement variable; elle varie avec le sol sur lequel l'engrais est appliqué, avec les plantes qui le reçoivent, avec les quantités fournies.

Cette notion qui apparaît clairement par les chiffres précédents indique quelle part énorme revient à la sagacité, à l'habileté du cultivateur dans la conduite de ses fumures; j'ai souvent entendu un praticien, voulant louer un de ses confrères, dire : *C'est un homme qui connaît bien sa terre.* Cette parole m'a frappé, il semble qu'en effet, un cultivateur qui connaît bien sa terre sait non seulement comment elle doit être travaillée suivant les conditions météorologiques, mais il sait encore quelles fumures doivent être appliquées.

Rien ne remplace la connaissance que donne une longue série d'observations, et en voyant que le même engrais, le fumier toujours préparé de la même façon peut présenter une valeur qui varie de moins de 10 francs la tonne à plus de 30 francs, on aura le sentiment des difficultés que présente la bonne conduite des fumures, et l'impossibilité où l'on se trouve de formuler des règles générales.

C'est précisément parce qu'il est impossible de formuler des règles générales sur l'emploi des engrais, parce qu'il faut que chaque cultivateur arrive par lui-même à savoir quels engrais conviennent à son sol, et en quelles proportions il doit les employer, qu'il m'a paru utile de proposer un mode de calcul très simple permettant à chacun de chiffrer les résultats obtenus, sans faire intervenir aucune considération théorique. Je pense que le nouveau mode de calcul permettra également d'établir entre les expériences des champs d'essai des comparaisons fécondes, puisque tous les résultats pourront être amenés à des chiffres indiquant quelle valeur a acquis l'engrais dans les conditions où il a été employé.

SUR LA

SIGNIFICATION BIOLOGIQUE DES ACIDES ORGANIQUES

PAR

M. WARBURG[1]

TRADUIT LIBREMENT DE L'ALLEMAND PAR M. J. VESQUE

Certains phénomènes biologiques intéressants observés et étudiés chez les plantes grasses ont depuis longtemps attiré l'attention sur le mode de formation des acides organiques[2]; et dès 1821, de Saussure[3], étudiant l'assimilation et la respiration des fruits, émit l'idée qu'il devait exister une relation entre l'absorption de l'oxygène et la formation des acides.

L'existence des acides libres dans la cellule vivante a été démontrée en 1848 par Gaudichaud[4] au cours d'une discussion avec Payen. Les doctrines régnantes n'ont pas permis de poursuivre méthodiquement les recherches sur le rôle des acides, entrevu par de Saussure, si bien qu'en 1840, vingt ans après ce grand physiologiste, les avis les plus divergents divisaient les chimistes et les botanistes.

Liebig considérait les acides comme un moyen terme entre l'acide carbonique et les hydrates de carbone; quant à la formation nocturne des acides chez les plantes grasses, il la qualifiait d'oxydation purement chimique, s'accomplissant aussi bien dans les tissus morts que dans les plantes vivantes, et il pensait que le matin, la lumière solaire ramenait le phénomène inverse de la réduction en transformant les acides en hydrates de carbone. Ce chimiste admettait donc trois transformations successives : la formation des acides par réduction de l'acide carbonique, la formation

1. *Ueber die Bedeutung der organischen Säuren für den Lebensprozess der Pflanzen* (speziell der sog. Fettpflanzen.) *Untersuch. aus. d. botan. Instit.* zu. Tübingen, t. II, p. 53-150.

2. Voyez les travaux de MM. A. Mayer, Kraus et de Vries, *Annales agronom.*, t. X, pp. 183, 238, 329.

3. *Ann. de chimie et de phys.* t. XIX.

4. *Comptes rendus*, t. XXVII, p. 4 et 3.

des mêmes acides par oxydation et enfin la destruction de ces acides par réduction et transformation en hydrates de carbone.

Mulder (1844) est encore plus affirmatif; il lui semble certain que l'acide oxalique procède de la réduction de l'acide carbonique. Il lui paraît impossible que des corps qui réduisent les sels de cuivre, qui exercent constamment des phénomènes de désoxydation, puissent donner naissance à la substance organique la plus oxygénée que nous connaissions. Ces aperçus théoriques ont eu cours pendant longtemps parmi les chimistes.

La synthèse de l'acide formique, réalisée par M. Berthelot à l'aide de l'oxyde de carbone et de l'eau, a été le point de départ d'une hypothèse bien différente. L'oxyde de carbone apparut comme le moyen terme entre l'acide carbonique et les hydrates de carbone; peu de temps après, M. Butlerow ayant obtenu un corps voisin des sucres en faisait agir la potasse sur l'aldéhyde formique, ce dernier corps acquit une importance capitale dans les théories les plus récentes[1].

Les botanistes et surtout les anatomistes n'ont guère adopté les idées de Liebig et de ses partisans, sans doute à cause de l'abondance de l'oxalate de chaux qui est évidemment un produit d'excrétion. Schleiden notamment considérait les acides comme un produit accessoire du travail d'assimilation. Le rôle de ces acides consisterait à neutraliser les bases en l'absence d'acides inorganiques, et ils se formeraient soit par une oxydation biologique coexistant avec les phénomènes de réduction, soit par une sorte de putréfaction évidemment identique avec l'acidification nocturne de Liebig.

H. de Mohl les croyait surtout destinés à écarter en les précipitant, les bases devenues inutiles. En résumé l'opinion des anatomistes repose surtout sur la présence de l'oxalate de chaux dans les organes les plus divers où ce sel insoluble demeure intact jusqu'à la mort de la plante.

Plusieurs savants qui se sont laissé guider par des tendances téléologiques, ont à leur tour émis diverses opinions qu'il est bon d'exposer brièvement.

Tandis que H. de Mohl et Schleiden cherchaient dans les acides le moyen de neutraliser les bases nuisibles et que Schumacher et

1. Voyez les articles publiés à ce sujet dans les *Ann. agronom.* — Nous donnerons très prochainement une traduction de l'important mémoire de M. Lœw sur le *Formose*.

Unger envisageaient la neutralisation des acides nuisibles à l'état libre et surtout de l'acide oxalique par la chaux, MM. Emmerling, Holzner, C. Kraus et après eux de Vries pensent que l'acide oxalique attaquant les azotates et les sulfates, peut intervenir dans la formation des matières albuminoïdes. Ce dernier auteur attribue encore aux acides, mais non sans conteste, une part importante dans la production de la turgescence des cellules. Si, même nous passons sous silence le rôle probable des acides dans l'excrétion des racines, dans l'action des diastases, dans la digestion des plantes carnivores, dans la solubilité des matières albuminoïdes, dans la transformation de la pectose en pectine, etc., nous voyons que ces corps pourraient bien concourir à un nombre respectable des transformations chimiques et des actions physiques qui s'accomplissent dans la plante.

Quant aux relations, bien souvent étudiées, entre la disparition des acides et l'accumulation du sucre dans les fruits en voie de maturation, on peut dire qu'un seul fait a été rigoureusement constaté :

De l'acide se détruit, mais la quantité de l'acide disparu est loin de suffire à la formation du sucre apparu. Tout le reste est de l'hypothèse.

Tel était l'état de la question lorsque les auteurs cités au commencement de cet article, MM. Ad. Mayer, G. Kraus et de Vries reprirent l'étude des acides chez les plantes grasses.

M. Warburg se propose d'examiner le rôle des acides au double point de vue de l'assimilation et de la respiration. Il examine de préférence les plantes grasses, chez lesquelles l'acidité subit des oscillations très importantes, mais les essais qui ont été faits sur d'autres plantes sont assez nombreux pour qu'il soit permis d'en tirer des conclusions plus générales.

L'auteur ne dose que l'acide libre, parce que les oscillations des quantités d'acides organiques ne peuvent pas porter sur les acides combinés. La partie de la plante examinée est pesée et écrasée dans un mortier. La pâte, étendue d'eau, est maintenue pendant une heure et demie à une température de 80° à 90°, température suffisante pour que tout l'acide carbonique soit chassé. Il faut éviter l'ébullition parce qu'il peut se former une base, de la triméthylamine par exemple qui neutraliserait une partie de l'acide et fausserait les résultats. Le liquide filtré avec toutes les

précautions nécessaires est titré à l'aide d'une solution de soude, exempte de carbonate, à 1 pour 1000. Le résultat a été calculé pour 10 grammes de matière fraîche, de sorte que tous les chiffres indiquent combien il faut de milligrammes de soude pour neutraliser 10 grammes de substance. La phénolphthaléine servait d'indicateur; mais dans quelques cas il a fallu contrôler le titrage à l'aide du papier de curcuma. Toutes les plantes ne se prêtent d'ailleurs pas également bien à ces recherches. Le tannin, les mucilages et de grandes quantités d'amidon rendent les opérations particulièrement difficiles.

A. Constatations générales.

1. *Diminution de l'acidité à la lumière.* — La diminution de l'acidité à la lumière est connue depuis longtemps. L'auteur cherche surtout à se prémunir contre l'erreur qui pourrait résulter d'une accumulation d'acide carbonique; nous avons vu comment déjà M. de Vries a démontré que la diminution de l'acidité n'est pas due à une neutralisation. M. Warburg n'opère que sur des feuilles détachées de la plante; il évite ainsi l'afflux de bases organiques. Dans ces conditions, la quantité des bases ne varie que d'une manière insignifiante.

2. *L'acidification et la désacidification sont des phénomènes coexistants.* — M. de Vries a fait voir que la lumière n'est pas nécessaire à la désacidification, mais qu'au contraire l'obscurité prolongée et surtout la chaleur produisent le même effet. Mais il ne semble pas suffisamment prouvé que la désacidification est réellement continue chez les plantes grasses. M. de Vries a essayé de démontrer qu'elle existe pendant la nuit en élevant la température à 45°. Il est certain que l'acidification ordinaire ne se produit pas ou presque pas dans ce cas; ce résultat comporte deux explications différentes : ou bien l'acide se détruit à mesure qu'il se forme, ou bien sa formation même est entravée à cette température.

Voici comment l'auteur croit pouvoir rapprocher le problème de sa solution. Des expériences ont été faites sur le *Bryophyllum* à des températures variables mais voisines de la température ordinaire. Le maximum de l'augmentation de l'acidité correspond à la température de 13°, la courbe descend rapidement du côté des températures descendantes, plus lentement de l'autre côté, de

sorte que d'un côté, à 0°, de l'autre à 38°, l'acidité n'augmente plus guère. Voilà donc un phénomène biologique, observé sur une plante tropicale, dont le maximum est placé beaucoup plus bas que pour toute autre manifestation de la vie. Il est donc infiniment vraisemblable que nous avons affaire au résultat brut de deux phénomènes inverses, antagonistes, et qu'il faudra établir une distinction rigoureuse entre l'acidification (ou formation des acides) et l'augmentation de l'acidité qui n'est que la différence constatable entre l'acidification et la désacidification. Le véritable maximum de l'acidification est incontestablement placé beaucoup plus haut que 13 degrés, puisqu'il est quelquefois possible d'observer encore une augmentation de l'acidité au delà de 30°.

L'acidification n'est point exclusivement nocturne, il est encore moins exact qu'elle dure précisément une nuit comme le croit M. de Vries. Un rameau d'*Opuntia* conservé à l'obscurité augmente son acidité pendant vingt-quatre à trente-six heures, et à basse température, même pendant huit jours.

Il est donc clair que l'augmentation de l'acidité n'est pas limitée à une durée déterminée ; les expériences prouvent au contraire que l'augmentation de l'acidité cesse tantôt plus tôt, tantôt plus tard, suivant que la température est plus ou moins élevée.

Lorsqu'on maintient pendant longtemps la plante à l'obscurité, l'acidité, arrivée à un certain degré, s'y maintient avec une constance remarquable. La consommation des acides est égale à la formation ; il est, en effet, impossible d'admettre que les deux phénomènes antagonistes d'acidification et de désacidification cessent simultanément.

Lorsque la vitalité de la plante diminue, par exemple à la suite d'un séjour trop prolongé à l'obscurité, l'acidité tombe rapidement. L'équilibre dont il vient d'être question se produit d'ailleurs à des taux d'acidité qui varient suivant la température; cet état d'équilibre ayant été constaté dans deux expériences respectivement à 35 degrés et à 14 degrés, on a trouvé moins d'acide à 35 degrés qu'à 14 degrés. Une feuille conservée dans un endroit obscur et chaud augmente son acidité lorsqu'on la transporte dans un endroit obscur et frais.

Si nous examinions et que nous comparions entre eux tous ces résultats, il devient bien évident que l'augmentation ou la diminution de l'acidité ne sont que la résultante de l'acidification et de la

désacidification s'accomplissant simultanément dans la plante et ne dépendant pas au même degré des conditions extérieures et biologiques.

B. La diminution de l'acidité à la lumière.

1. *Quelles sont les plantes dans lesquelles on observe la diminution de l'acidité à la lumière?*

Tandis que M. Ad. Mayer n'attribue ce phénomène qu'aux plantes grasses, M. G. Kraus croit le trouver plus ou moins accentué chez toutes les plantes.

M. Warburg cherche à éliminer autant que possible l'effet perturbateur de l'échauffement que les plantes subissent au soleil, en faisant les expériences à la lumière diffuse et en plaçant les témoins sous des cylindres de papier noirci qui, même lorsque les sujets de l'expérience recevaient pendant un instant le soleil direct, transmettaient encore plus de chaleur totale à la plante que n'en recevaient celles qui étaient par instants insolées.

L'auteur n'admet pas la généralisation de M. G. Kraus. Néanmoins il est un grand nombre de plantes non considérées comme plantes grasses qui donnent lieu aux mêmes observations. Telles sont les Broméliacées et les Orchidées, en outre des espèces des genres suivants : *Hœmanthus*, *Sanseviera*, *Pancratium*, *Clivia*, *Tradescantia*, *Phœnix* (Dattier), *Saxifraga*, *Polygonum*, *Grevillea*, *Hakea*, *Acacia*, *Croton*, *Xylophyllum*, *Rhododendron*, *Olea*, *Laurus*, *Ilex*, *Pimentum*, *Franciscea*, *Norantea*, *Pinus*, *Podocarpus*, *Ceratozamia*, *Encephalartos*, *Polypodium*, toutes plantes qui appartiennent aux familles les plus diverses, Fougères, Gymnospermes, Monocotylédones, Dicotylédones. Toutes ces plantes si diverses quant à leurs affinités naturelles, concordent entre elles par une particularité anatomique intéressante : toutes sont spécialement protégées contre la transpiration.

On peut même dire qu'en général la diminution de l'acidité à la lumière est proportionnelle à l'efficacité de cette protection. Si on veut se contenter d'un critérium grossier mais très apparent, on peut admettre que les plantes chez lesquelles l'acidité diminue à la lumière, sont celles dont les feuilles se fanent difficilement.

2. *Conditions qui influent sur la diminution de l'acidité à la lumière.*

a. *Les parties dépourvues de chlorophylle.* — On n'a examiné

jusqu'à ce jour que les parties vertes des plantes. Il était intéressant de voir comment les parties non vertes, incolores ou diversement colorées se comportent sous le rapport de la désacidification à la lumière. L'expérience a été faite sur un assez grand nombre de fleurs et de fruits, sur des bractées colorées, sur des racines, des tubercules, des tissus aquifères incolores et des plantes étiolées.

L'action de la chaleur étant éliminée, toutes ces plantes ont rarement montré à la lumière une diminution de l'acidité si faible qu'elle peut être attribuée aux causes d'erreur.

Les feuilles de *Nidularia* sont souvent rouges à la partie inférieure et vertes au sommet; la partie verte montre la diminution de l'acidité à la lumière, tandis que la partie rouge ne donne que des résultats négatifs. Les fruits verts, gros comme une cerise d'un *Citrus*, ont fort bien montré la diminution de l'acidité contrairement aux fruits autrement colorés.

M. Kraus indique la diminution de l'acidité chez les plantes en germination, mais d'abord la différence observée est très faible, ensuite elle peut provenir d'un effet de la chaleur et non de la lumière. De plus M. Kraus ne s'est pas préoccupé de la perturbation due à l'acide carbonique.

b. *Influence des différents rayons du spectre.* — Les deux couleurs rouge et bleue ont été obtenues à l'aide de solutions dont les qualités optiques avaient été étudiées au spectroscope. La moitié rouge du spectre agit plus fortement sur la désacidification que la moitié bleue; cependant l'action de la lumière bleue est proportionnellement plus intense sur la désacidification que sur la décomposition de l'acide carbonique. Il est à remarquer cependant que nous ne possédons que des données d'une exactitude relative sur l'assimilation dans les rayons bleus puisque la respiration masque en partie le travail de l'assimilation.

c. *Désacidification en l'absence d'acide carbonique.* — La désacidification continue en l'absence d'acide carbonique ainsi que l'ont déjà prouvé MM. de Vries, Kraus et A. Mayer. Mais cette expérience ne prouve pas l'entière indépendance de la désacidification et de l'assimilation, car il se pourrait qu'il se formât de l'acide carbonique pendant la désacidification et que cet acide carbonique fût immédiatement décomposé à la lumière.

d. *Influence de l'air surchargé d'acide carbonique sur la désacidification à la lumière.* — Lorsque l'atmosphère ambiante ren-

ferme 20 à 25 p. 100 d'acide carbonique, la désacidification à la lumière cesse ordinairement sans que la feuille souffre en apparence. En effet, d'après M. Godlewski, cette quantité considérable d'acide carbonique ne nuit pas notablement à l'assimilation. Chez le *Bryophyllum* 10 à 12 p. 100 d'acide carbonique suffisent pour entraver la désacidification. Il y avait donc là l'apparence d'une action spécifique de l'acide carbonique sur cette fonction. Malheureusement de nouvelles recherches ont prouvé que précisément chez les plantes grasses ces 10 à 12 p. 100 d'acide carbonique suffisent également pour déprimer dans de fortes proportions l'assimilation elle-même.

Pour que nous puissions constater une relation entre la fonction assimilatrice et la désacidification, il reste donc à prouver que l'excès d'acide carbonique empêche bien réellement la désacidification, et pour cela : 1° que l'absorption de l'acide carbonique par la plante ne vient pas troubler les résultats ; 2° que cet acide carbonique n'entre pas en combinaison dans la plante ; 3° que le résultat n'est pas faussé par un travail compensateur, c'est-à-dire par l'exagération de l'acidification ; et enfin 4° que les plantes n'ont réellement pas souffert dans cet atmosphère anormale.

Il nous faudra examiner de plus près ces différentes éventualités.

La méthode de titrage employée exclut déjà l'erreur qui pourrait provenir d'une absorption d'acide carbonique. D'ailleurs si de l'acide carbonique était absorbé, les feuilles de *Bryophyllum* devraient montrer une acidification nocturne plus forte dans de l'air chargé d'un excès d'acide carbonique que dans l'air pur, ce qui n'est pas le cas.

L'acide carbonique n'empêche pas la désacidification par la chaleur ou par l'obscurité prolongée, ce qui prouve que ce gaz ne s'engage pas dans la combinaison acide quelconque de nature à induire en erreur. Lorsqu'on donne de l'acide carbonique à une feuille qui a perdu environ la moitié de son acidité à la lumière et qu'on expose ensuite la feuille à la lumière diffuse, l'acidité n'augmente pas plus rapidement que dans l'air ordinaire. Néanmoins, la feuille maintenue dans une atmosphère chargée d'acide carbonique est souvent plus acide dans l'après-midi qu'au matin. Ceci prouve que l'acidification continue également pendant le jour, étant donné, bien entendu, que l'absorption ou la fixation de l'acide carbonique ne peuvent pas devenir une cause d'erreur.

Cette expérience semble au premier abord indiquer une influence

accélératrice de l'acide carbonique sur l'acidification, telle par exemple que la désacidification à la lumière serait compensée par l'acidification exagérée. On peut objecter à cette hypothèse : 1° qu'il n'est guère possible d'admettre que cette influence accélératrice de l'acide carbonique commence précisément au moment de l'intervention de la lumière ; 2° qu'on a constaté une certaine constance de l'acidité aussi bien dans la lumière bleue que dans la lumière rouge, ce qui entraînerait un phénomène de compensation bien compliqué ; 3° que cette influence de l'acide carbonique ne se fait pas sentir pendant la désacidification dans l'obscurité prolongée ou par la chaleur et que les organes dépourvus de chlorophylle n'augmentent pas leur acidité dans l'air chargé d'acide carbonique.

Quant au dernier point qui semble bien être le plus important au point de vue pratique, savoir l'action délétère de l'acide carbonique à haute dose, l'auteur a fait un certain nombre d'expériences, d'où il conclut que l'accomplissement des fonctions vitales dans le *Bryophyllum* n'est empèché que peu à peu dans l'air contenant 20 à 25 p. 100 d'acide carbonique. En effet, la respiration, l'accroissement, la turgescence, l'acidification à l'obscurité, etc., ne souffrent pas dans les premiers temps. Seule, l'assimilation est notablement réduite dans de l'air renfermant 12 p. 100 de ce gaz, et la désacidification à la lumière subit le même ralentissement. Ce parallélisme entre deux fonctions en apparence très distinctes, est évidemment l'indice d'une connexion étroite. Or il est impossible d'admettre que l'assimilation dépend de la désacidification à la lumière, il ne nous restera donc que le choix entre les deux alternatives suivantes : ou bien la désacidification dépend de l'assimilation ou bien les deux fonctions dépendent d'une seule et même cause.

Résumons brièvement sous forme aphoristique les résultats que nous avons énumérés dans ce premier chapitre :

Les organes dépourvus de chlorophylle et les plantes étiolées ne diminuent pas leur acidité à la lumière : donc la désacidification ne peut pas être considérée comme un effet général de la lumière sur les plantes.

La moitié la plus réfrangible du spectre agit moins sur la désacidification que l'autre, ce qui prouve que nous n'avons pas affaire ici à un phénomène d'irritation chimique de la lumière sur les

cellules à chlorophylle, car tous les phénomènes d'irritation de la lumière, connus jusqu'à ce jour, sont déterminés par l'autre moitié du spectre.

Les expériences sur les plantes sans chlorophylle ou sur les plantes étiolées prouvent que la désacidification à la lumière n'a lieu que dans les cellules assimilatrices.

Les essais qui ont eu pour objet l'étude de ce phénomène dans les rayons colorés et dans l'air chargé d'acide carbonique indiquent une relation entre la désacidification à la lumière et la fonction assimilatrice.

La désacidification à la lumière dans l'air privé d'acide carbonique ne s'oppose pas à ce dernier rapprochement.

3. *Relation entre la désacidification et l'assimilation.*

L'existence d'une relation semblable étant prouvée, il s'agit de voir si les acides sont directement entraînés dans le phénomène de l'assimilation, ou s'il ne s'y rattachent que d'une manière plus ou moins indirecte, en fournissant par exemple de l'acide carbonique, ou enfin d'une manière plus détournée encore. L'auteur expose en détail plusieurs théories conçues à plaisir et en discute la plus ou la moins grande vraisemblance. Nous croyons pouvoir glisser sur ces aperçus qui ont évidemment rendu service à l'auteur puisqu'ils ont servi de fil conducteur à ses recherches, mais qui sembleraient superflus au lecteur.

C. De la désacidification et de l'influence de l'oxygène sur ce phénomène.

La désacidification n'est pas un phénomène purement chimique, mais elle dépend de la vie de l'organisme. Les feuilles étant tuées par une température de 80°, par l'éther ou par le chloroforme, la désacidification cesse entièrement ou tout au moins fait place à une diminution très lente des acides.

La désacidification est intimement liée à la présence de l'oxygène. Si on met les feuilles à l'abri de l'oxygène soit en les plongeant dans de l'eau bouillie ou dans l'hydrogène, soit en les mettant sous la machine pneumatique, soit encore en les enveloppant de paraffine, on n'observe plus qu'une très légère destruction des acides sous l'influence de la chaleur. Inversement, on accélère la désacidification si on facilite autant que possible l'accès de l'oxygène. Il suffit pour cela de couper la feuille en petits morceaux.

Cependant ces faits n'ont pas été constatés chez toutes les plantes ; un grand nombre d'entre elles ne subissent plus la désacidification à l'obscurité et à la température élevée, et il n'a pas été possible de lier ce résultat à une circulation plus difficile d'oxygène dans les tissus d'une structure particulière. De leur côté, les fruits qui présentent pourtant une certaine analogie de structure avec les plantes grasses, se comportent différemment : tandis que chez les plantes grasses, la désacidification à la lumière aussi bien qu'à l'obscurité dépend de la présence de l'oxygène, dans les fruits exposés à la chaleur ou à la température ordinaire la destruction des acides est bien favorisée par l'oxygène, mais elle continue en l'absence de ce gaz.

D. Sur le phénomène de l'acidification.

1. *Influence du sucre sur l'acidification.* — M. de Vries croit que la lumière exerce sur la plante une action d'irritation photochimique à laquelle la plante répond par la formation d'acides : ce serait donc un phénomène d'induction photochimique. De ce que les acides s'accumulent dans une feuille qui a séjourné pendant le jour dans de l'air privé d'acide carbonique, M. de Vries conclut que l'acidification n'est pas une suite de l'assimilation. Quelque juste que parût cette conclusion il serait pourtant encore possible d'émettre quelque doute à ce sujet parce que les acides eux-mêmes qui existaient d'abord dans la plante ont pu fournir des hydrates de carbone qui deviendraient de nouveau la cause de la formation des acides pendant la nuit. On a tant de fois constaté des influences spécifiques de la lumière sur l'accroissement, la germination, la fructification, la métamorphose des principes immédiats et la respiration que cette question mériterait d'être étudiée à fond. L'influence de la lumière sur la production nocturne des acides appartient à la même catégorie de phénomènes. En effet les feuilles du *Bryophyllum* renferment plus de sucres réducteurs le soir que le matin, même lorsque la plante a été maintenue toute la journée dans une atmosphère privée d'acide carbonique. M. Ad. Mayer rattache l'apparition du sucre à la destruction des acides à la lumière, mais il n'en est pas moins vrai que ces substances peuvent devenir le point de départ d'une nouvelle production nocturne d'acides. Nous ignorons pourquoi l'insolation exagère la formation

de sucres, l'assimilation étant supprimée. M. Warburg ne voit pas que ces corps puissent provenir des acides, il pense au contraire en trouver l'origine dans les hydrates de carbone accumulés dans les tissus : la lumière se bornerait à favoriser la formation des ferments.

La transformation directe des sucres réducteurs en acides n'est d'ailleurs pas plus probable que le phénomène inverse. Bien des observations diverses prouvent que l'accumulation de ces sucres augmente d'une manière générale la métamorphose des principes immédiats. Or ce qui est vrai pour les métamorphoses dépendant de la respiration, de la maturation des fruits, de la floraison si rapide de l'Agave, etc. peut s'appliquer également à l'accumulation des acides qui ne serait ainsi que le résultat indirect de celle des sucres réducteurs.

Ces considérations assez abstraites jettent cependant quelque jour sur l'influence de l'assimilation, influence fort indirecte puisqu'elle ne se fait sentir que par la formation de sucres. Il n'existe aucun parallélisme entre l'intensité de l'assimilation et celle de l'acidification, parce que l'excès d'hydrates de carbone se dépose sous la forme d'amidon et devient inutile à l'acidification. Ceci nous fait comprendre pourquoi le minimum de l'acidification n'a pas lieu le soir mais dans l'après-midi. M. Borodin a montré de son côté que l'intensité de la respiration n'est augmentée que jusqu'à un certain point par l'assimilation, fait de même nature que celui qui nous occupe.

2. *Influence de l'oxygène sur l'acidification.* — L'oxygène est nécessaire à la formation des acides, mais il en faut peu ; un excès de ce gaz diminue même l'acidité parce qu'il augmente la désacidification. Les feuilles coupées en morceaux forment moins d'acides que les feuilles entières, il est facile de prouver que cela provient du trop libre accès de l'oxygène ; il suffit d'enfermer les morceaux dans de la paraffine pour constater une augmentation de l'acidification.

E. Relations entre la périodicité de l'acidité et les changements volumétriques et chimiques de l'atmosphère ambiante.

1. *Critique de l'hypothèse de de Saussure relative à l'absorption de l'acide carbonique.* — Th. de Saussure a trouvé que l'*Opuntia* dégage pendant le jour plus d'oxygène qu'il n'absorbe d'acide

carbonique, tandis qu'il diminue au contraire le volume de l'atmosphère ambiante pendant la nuit. Cette expérience a été vérifiée et étendue à d'autres plantes grasses par M. Mayer, M. Grischow, et MM. Dehérain et Moissan. De Saussure cherchait à prouver que ces relations exceptionnelles entre O et CO^2 dépendent d'une fixation de l'acide carbonique. Ni la machine pneumatique, ni l'ébullition dans l'acide sulfurique, ni ces moyens combinés n'ont permis de retrouver une partie notable de l'acide carbonique disparu. L'opinion de de Saussure n'est guère admissible aujourd'hui. M. Warburg, s'attaque surtout, aux preuves indirectes que le savant Genevois cite à l'appui de sa manière de voir. De Saussure place une tige d'*Opuntia* dans l'acide carbonique où elle se sature; transportée dans l'air, cette tige abandonne son acide carbonique. Comment est-il possible que l'*Opuntia* cède son acide carbonique à l'air, quand il se refuse à l'abandonner dans le vide ? A l'obscurité la même plante n'a pas fourni assez d'acide carbonique pour troubler l'eau de chaux, tandis que cette plante dégage pourtant de l'acide carbonique dans l'air ordinaire contenant dejà une faible proportion de ce gaz. Ces contradictions et d'autres encore reposent sur une confusion, bien explicable à l'époque de de Saussure, entre l'acide carbonique qui a pénétré dans l'organisme et celui qui a été physiquement absorbé et notamment confiné dans les méats intercellulaires.

L'auteur oppose à la théorie de de Saussure quelques expériences, parmi lesquelles nous citerons la suivante :

Un rameau d'*Opuntia* est enfermé dans une atmosphère close à 13 degrés et à l'obscurité. Il y a eu absorption de gaz; le cinquième jour tout l'oxygène étant consommé, la respiration intramoléculaire ayant commencé, le gaz ambiant augmenta de nouveau de volume. Si nous nous plaçons au point de vue de de Saussure, la plante a absorbé l'acide carbonique provenant de la respiration normale, mais elle a été incapable de retenir celui, beaucoup moins abondant, qui se forme pendant la respiration intramoléculaire. A des températures plus élevées, à 35 degrés, l'*Opuntia* augmente l'atmosphère ambiante au lieu de la diminuer. Il ne saurait donc être question d'une absorption considérable d'acide carbonique. L'absorption physique de ce gaz par les plantes grasses dépasse rarement un quart du volume des plantes, tandis qu'il n'est pas rare d'assister à une consommation de gaz de plus d'un volume.

Ces diverses constatations ont inspiré à l'auteur les moyens de réduire au minimun les causes d'erreur qui peuvent résulter de de l'absorption physique de l'acide carbonique.

2. *Parallélisme entre la diminution de l'acidité et l'augmentation de volume de l'atmosphère ambiante; phénomène inverse pendant la nuit.* — Chez le *Bryophyllum*, l'*Aloe* et chez une Broméliacée, l'*Hoplophytum grande* que les feuilles minces et coriaces ne permettent pas de ranger parmi les plantes grasses, l'augmentation de volume du gaz ambiant se meut toujours parallèlement à la différence entre le maximum et le minimum de l'acidité. Le maximum volumétrique correspond exactement au minimum de l'acidité et se présente dans l'après-midi (midi 30^m à 3^h 30^m.)

L'air contenant 12 p. 100 d'acide carbonique diminue fortement la désacidification ainsi que nous l'avons vu, il diminue également l'augmentation de volume.

Nous savons également que l'acide carbonique ne s'oppose pas sensiblement à l'augmentation de l'acidité pendant la nuit; il n'influence pas la diminution du volume des gaz : La diminution de l'acidité pendant la nuit sous l'action de l'oxygène pur est accompagnée d'une diminution moins rapide du volume de l'atmosphère, quoique la respiration soit un peu exagérée dans ces conditions.

3. *Parallélisme entre la diminution de l'acidité et l'augmentation de volume de l'atmosphère ambiante sous l'influence de l'obscurité etde la chaleur.* — Le même parallélisme peut être démontré sur des feuilles de *Bryophyllum* laissées pendant longtemps à l'obscurité. Dès la seconde nuit, l'acidité au lieu d'augmenter, diminue lentement et en même temps le gaz ambiant augmente lentement de volume, même si on lui ajoute 12 à 16 p. 100 d'acide carbonique. Remarquons que si l'absorption de l'acide carbonique intervenait dans ces phénomènes on devrait noter au contraire une diminution du volume du gaz.

La chaleur produit un effet beaucoup plus net encore que l'obscurité prolongée; toujours la diminution de l'acidité est accompagnée d'une augmentation correspondante du volume de l'atmosphère confinée. Mais si on opère sur une plante préalablement désacidifiée par la lumière, il n'y a plus ni diminution de l'acidité (puisque les acides sont détruits) ni augmentation de volume gazeux. A température élevée l'acide carbonique entrave souvent la diminution de l'acidité, en même temps il n'y a qu'une faible aug-

mentation de l'atmosphère. Si l'acide carbonique ne nuit pas, l'atmosphère augmente à mesure que l'acidité diminue, nouvelle preuve contre la théorie de de Saussure. Peu à peu l'équilibre s'établit entre l'acidification et la désacidification et en même temps dans les relations volumétriques.

4. *De l'oxygène est absorbé, de l'acide carbonique exhalé.* — Il est facile de s'assurer que les plantes absorbent de l'oxygène pendant la nuit; en effet la diminution de volume continue activement dans l'air privé d'acide carbonique, elle continue également dans l'oxygène pur.

A la lumière le gaz expiré est de l'oxygène, à l'obscurité et à température élevée, il ne se dégage que de l'acide carbonique. Cependant il n'est pas directement démontré que le gaz devenu libre à l'intérieur de la plante n'est pas de l'oxygène, employé ensuite à l'entretien de la respiration. Une telle source intramoléculaire d'oxygène, dans le sens des idées de M. Pasteur, présenterait en effet son côté séduisant. Malheureusement les plantes grasses ne détruisent pas leurs acides dans l'hydrogène, c'est-à-dire là où la source intramoléculaire d'oxygène serait surtout utile. Les acides sont d'ailleurs des corps si simples qu'ils donneront probablement toujours de l'acide carbonique pendant leur destruction. Ce qui est encore plus démonstratif c'est que les diminutions et les augmentations du volume gazeux, traduites en acide carbonique sont aux quantités d'acides formés ou détruits, calculées en acide malique, à peu près comme 1 est à 3, rapport exigé par la théorie.

5. *Les relations volumétriques et l'acidité.* — Les relations entre la formation et la destruction des acides avec les gaz ambiants étant connues, il est permis d'espérer qu'on pourra enfin expliquer les nombreux cas de quotients de respiration $CO^2 : O < 1$, signalés par les auteurs. Il semble qu'on puisse les ramener à l'augmentation de l'acidité. Il est certain par exemple que l'augmentation de l'acidité explique au moins en partie la diminution de l'atmosphère pendant la germination même des graines non oléagineuses (MM. Dehérain et Landrin, Borodin). Dans les pois en germination l'acide monte en 36 heures de 27,1 à 35,0. Une partie de l'oxygène absorbé est en outre employée à former de l'eau et des amides acides. Les organes doués d'un accroissement rapide et formant beaucoup d'acide, offrent le rapport $\frac{CO^2}{O}$ le plus faible. MM. Bonnier et Mangin

l'ont montré pour les jeunes feuilles comparées aux vieilles, pour les champignons, Saint-André pour les oignons, MM. Dehérain et Vesque et M. Grischow pour les racines. Quant aux rameaux garnis de feuilles, le rapport est voisin de l'unité, sauf pour les espèces à feuilles charnues ou pour les Broméliacées et les Orchidées protégées contre la transpiration et pour les Conifères. Dans les recherches volumétriques il n'est pas permis de négliger l'éclairage qui est un facteur important ; il a été démontré que chez les plantes grasses la diminution du volume gazeux à l'obscurité est contrebalancée par une augmentation de volume à la lumière de sorte que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ devient plus grand que l'unité. Il est clair que la combustion de l'hydrogène, quelle que soit sa source, ne peut expliquer l'emploi de l'oxygène disparu, puisque l'oxygène mis en liberté ou employé à la reconstitution de ces corps est précisément égal à celui qui a servi à la combustion. Toutes les fois que $\frac{CO^2}{O} < 1$, il faut donc qu'il existe une périodicité dans la grandeur de ce rapport et le plus souvent cette périodicité correspond aux oscillations de l'acidité des sucs. Cette périodicité a été constatée pour le Pin maritime par MM. Dehérain et Moissan qui ont observé une augmentation de volume à l'obscurité. Quant à l'influence des températures élevées, l'accroissement du rapport $\frac{CO^2}{O}$ signalé par MM. Dehérain et Moissan et plus tard par M. Moissan est plus vraisemblable que la constance étonnante de ce rapport à toutes les températures défendue contre ces auteurs par MM. Bonnier et Mangin. Ce que nous savons des plantes grasses est en contradiction avec la constance du rapport.

Plus d'une fois on a pu découvrir une relation entre les changements d'acidité et les changements volumétriques en dehors des plantes grasses. D'après de Saussure, les raisins cueillis avant la maturité absorbent environ trois fois plus de gaz pendant la nuit que les raisins mûrs, quoique la respiration ne soit pas beaucoup plus intense. Les raisins mûrs au contraire émettent toujours plus d'acide carbonique qu'ils ne prennent d'oxygène (d'après Saint-Pierre et Magnin). Dans l'un et dans l'autre cas la corrélation avec les oscillations de l'acidité est évidente. Peut-être les gousses vertes de pois se comportent-elles comme les plantes grasses ; en effet, de Saussure a trouvé que ces gousses diminuent fortement le volume du gaz ambiant pendant la nuit.

En résumé l'oxygène pris en excès par la plante dans l'atmosphère ambiante peut être employé à diverses oxydations :

1° Il peut former de l'eau avec de l'hydrogène combiné; mais une diminution du volume extérieur ne peut en résulter que lorsqu'il s'agit de corps pauvres en oxygène, corps gras, urée, matières albuminoïdes, dont la formation exigerait cependant à leur tour une augmentation du volume du gaz ambiant. La respiration nocturne des feuilles riches en huiles serait un exemple de ce genre. 2° L'oxygène peut transformer des corps peu oxygénés en corps plus riches en oxygène, soit en hydrates de carbone, par exemple, pendant la germination des graines oléagineuses. 3° L'oxygène transforme les hydrates de carbone ou d'autres corps moins oxygénés en corps très oxygénés, tels que les acides : acidification nocturne des plantes grasses. Toutes les fois qu'une feuille est pauvre en corps peu oxygénés ou que ces corps s'y rencontrent toujours sensiblement en quantité égale, malgré la diminution de volume de l'atmosphère, nous aurons affaire à ce dernier phénomène.

M. Warburg termine son mémoire par des considérations théoriques sur le dégagement de l'acide carbonique pendant la destruction des acides, sur le rôle plus ou moins direct de l'oxygène de l'air dans ce phénomène d'oxydation extrême, et sur la possibilité de la transformation des acides en hydrates de carbone. Ce dernier point est certainement sans grande importance chez les plantes grasses, puisque l'oxygène libre est nécessaire à la destruction des acides. Cependant il n'est pas permis de nier que cette transformation soit possible, car les moisissures peuvent végéter sur les acides organiques ou sur leurs sels.

Enfin quelques expériences prouvent que les plantes grasses peuvent absorber les acides venant du dehors et les détruire. Il faut se servir pour cela de solutions très étendues.

Conclusion.

L'acidification étant en relation avec un phénomène d'oxydation il est tout indiqué de la considérer comme faisant partie de la respiration conçue dans le sens le plus large du mot. Les acides des plantes grasses sont le produit d'une oxydation incomplète. On peut comparer ce qui se passe dans les plantes à ce qu'on observe

quand on fait brûler de la houille : la combustion n'est pas complète dès le début ; il se forme une série de corps dont chacun a ses propriétés particulières et qui résistent très inégalement à la combustion ultime. De même les acides organiques apparaissent tantôt sous une forme tantôt sous une autre ; les uns s'oxydent facilement, les autres résistent davantage, comme l'acide oxalique ; ils peuvent se soustraire à l'oxydation en formant des sels; ils peuvent s'accumuler, comme dans les plantes grasses, lorsque l'oxygène pénètre difficilement dans les tissus, ou se détruire au fur et à mesure de leur production dans le cas contraire.

Le plus important et en même temps le plus oxydable de ces corps est l'acide malique dont la présence a été constatée dans plus de deux cents espèces, c'est-à-dire presque partout où on l'a cherché. Il est clair qu'il ne peut guère s'accumuler en quantités notables dans les feuilles minces très accessibles à l'air, tandis que d'autres acides plus résistants peuvent s'y rencontrer. La quantité d'acides dépend en outre de l'activité générale de la métamorphose des principes immédiats, ce qui permet d'expliquer la distribution des acides dans les différentes parties de la plante, dans la racine où ils sont peu abondants, dans les jeunes entre-nœuds où ils s'accumulent en quantités considérables, etc.

En résumé, la production des acides est proportionnelle :

1° A l'intensité de la métamorphose des principes immédiats;

2° A la difficulté de l'accès de l'oxygène.

La destruction des acides est proportionnelle :

1° A l'intensité de la métamorphose des principes immédiats;

2° Au libre accès de l'oxygène;

3° A la température.

SUR LES VARIATIONS DE LA COMPOSITION DES JUS DE BETTERAVES AUX DIFFÉRENTES PRESSIONS

PAR

M. A. LADUREAU

Directeur du laboratoire central agricole de Paris.

Dans toute fabrique de sucre bien conduite et bien surveillée, on fait l'analyse de toutes les voitures ou chargements de betteraves que l'on reçoit. On connaît ainsi, à quelques quintaux près, la quantité de sucre entrée dans l'usine sous forme de racines. Comme il est facile de savoir exactement la quantité qui en sort, lorsque la fabrication est terminée, soit sous forme de sucre brut, soit sous celle de mélasse ou de pulpe, le fabricant peut chaque année contrôler son travail et reconnaître si la quantité de sucre sortie correspond bien à celle qui est entrée; il voit ainsi si son travail a été bien conduit, et s'il n'a pas éprouvé, au cours de la fabrication, de pertes qu'il doit chercher à éviter à l'avenir.

Or, tous les fabricants de sucre qui se livrent à ce contrôle, observent chaque année un déficit assez élevé sur la prise en charge du sucre entré dans la fabrique sous forme de betteraves. Sans parler des quantités de ce produit qui restent dans les écumes de défécation, dans les pulpes, que de fréquentes analyses permettent de déterminer très exactement, il est certain que les racines qui séjournent plusieurs mois avant d'être travaillées, soit dans les silos, soit dans les cours des usines, y perdent une partie de leur sucre, qui se transforme en glucose et en autres corps hydrocarbonés pendant qu'elles continuent à végéter.

Mais, si l'on tient compte de ces pertes par de nouvelles analyses, faites au moment où l'on travaille ces betteraves, on n'arrive pas encore cependant à retrouver dans les produits de l'usine tout le sucre que l'on croit avoir fait entrer dans la fabrication.

Le but de cette étude est de démontrer qu'il y a une cause générale, peu connue, qui n'a jamais été signalée jusqu'ici, à laquelle

il convient d'attribuer ces écarts entre la prise en charge à l'entrée et la décharge du sucre produit, à la sortie des usines : cette cause réside dans la manière dont sont faites habituellement les analyses de betteraves.

Ainsi que nous le disions plus haut, les fabriques bien organisées possèdent toutes aujourd'hui un laboratoire où l'on analyse chaque jour un échantillon de tous les lots de racines entrés. Cette analyse se fait sur quelques betteraves prises au hasard dans chaque chargement, wagon, voiture ou bateau, de manière à obtenir autant que possible la composition moyenne du lot reçu. C'est même généralement sur les densités des jus provenant de cet échantillonnage ou sur leur richesse saccharine, que sont établies les factures des livraisons faites par les cultivateurs à la fabrique.

Ces petits lots de 3, 5, 10, 15 ou 20 betteraves (suivant les conventions intervenues entre les parties ou les habitudes de chaque usine), sont apportés au laboratoire soigneusement lavés, décolletés comme il convient de le faire pour le travail courant, puis mis à égoutter et enfin râpés ; cette opération se fait au moyen de râpes cylindriques, coniques ou autres, mues à la main ou à la vapeur, et l'on presse dans des sacs de forte toile la pulpe qui en résulte ; cette pression se fait soit à l'aide de petites presses de laboratoire à vis, soit avec des presses hydrauliques actionnées par des ouvriers, suivant la perfection des installations.

C'est ici que se commettent constamment les erreurs qui faussent la prise en charge en donnant des résultats trop élevés, ainsi que nous l'avons souvent observé, et en particulier dans les dernières expériences que nous avons faites, dans la sucrerie de X..., expériences dont nous allons rendre compte.

La réception des betteraves dans cette usine se fait par l'analyse de tous les lots qui y sont amenés, dans un laboratoire parfaitement installé, où le râpage est opéré mécaniquement au moyen d'une transmission. — La presse qui sert aux essais est une presse hydraulique, elle est munie d'un petit manomètre qui permet de suivre à chaque instant les variations de la pression[1].

C'est généralement entre 5 et 50 atmosphères que l'on presse

1. Le manomètre qui a servi à nos essais est un manomètre métallique de Bourdon. Quant à la presse spéciale dont nous parlons, c'est la presse sterhydraulique n° 1, construite par MM. Vollot et Badois, boulevard de Vaugirard, 8, à Paris. Nous donnons ces renseignements parce qu'ils nous ont été demandés par diverses personnes.

On voit que ces différences sont beaucoup plus sensibles pour les betteraves riches, de densités élevées, que pour les racines pauvres. Ces observations acquièrent donc d'autant plus d'intérêt que l'on abandonne chaque jour davantage la production des dernières pour se consacrer à celle des premières.

Voici les conclusions que l'on peut déduire de l'examen des chiffres du tableau précédent :

La pression de la betterave râpée, lorsqu'on ne dépasse pas 50 atmosphères, ce qui est la pression habituellement employée dans les laboratoires publics et dans ceux des usines, ne donne que les 45 centièmes environ du jus contenu dans la pression ;

En portant cette pression à 200 atmosphères, on peut en extraire encore 12 à 14 p. 100 environ ;

Le jus qui passe en premier lieu est le plus riche en sucre, en matières organiques dissoutes et en sels minéraux.

Plus la pression augmente, plus le jus s'appauvrit en sucre et en autres substances ; les sels minéraux se rencontrent en proportion beaucoup plus faible dans les derniers jus que dans les premiers, de sorte que le coefficient salin et le quotient de pureté s'élèvent en même temps par la pression.

Ces différences très marquées dans la composition de ces divers jus permettent d'admettre que les cellules qui se rompent les premières sont gorgées d'un liquide plus riche en sucre et en matières solubles organiques et minérales, que celles qui résistent davantage et ne cèdent leur jus qu'à une pression considérable[1].

Les conséquences de ce phénomène, au point de vue pratique, sont que les densités et les richesses saccharines trouvées dans les laboratoires où l'on ne dispose pas de moyens de pression suffisamment énergiques, sont toujours supérieures à la réalité de 3 à 5 dixièmes de degré et de 0,5 à 1 p. 100 de sucre; que, par suite, la prise en charge générale d'entrée du sucre à l'usine est toujours trop forte.

Cela donne l'explication du déficit assez important que l'on constate toujours entre cette prise en charge à l'entrée et la dé-

1. Dans un mémoire qu'il a adressé en 1874 à l'Académie des sciences, M. Ch. Viollette avait établi que les tissus cellulaire et saccharifère de la betterave contiennent des proportions de sucre peu différentes, mais un peu plus faibles dans le tissu saccharifère et que les matières minérales se trouvent en plus grande abondance dans le tissu cellulaire, ce qui paraît contradictoire avec nos expériences.

charge à la sortie par le poids des sucres fabriqués, des mélasses, des pulpes et des écumes.

Cela montre enfin que les fabricants de sucre, qui contractent aujourd'hui presque tous leurs marchés de betteraves sur la densité, doivent s'organiser de manière à presser à fond les betteraves râpées destinées à l'appréciation de cette densité ; sans cette précaution, ils s'exposent à payer à leurs vendeurs de 3 à 5 dixièmes de degré en trop, ce qui, au taux actuel de 1 franc par dixième, fait une somme de 3 à 5 francs payée indûment par eux pour chaque tonne de betteraves qu'ils reçoivent.

Les cultivateurs qui prennent eux-mêmes la densité de leurs betteraves chez eux, pour contrôler les résultats que leur donne la fabrique, ne doivent donc pas s'étonner et suspecter la bonne foi du fabricant, lorsque celui-ci leur annonce une densité inférieure parfois de $\frac{1}{2}$ degré (0°,5) à celle qu'ils avaient trouvée eux-mêmes sur les mêmes racines, en les pressant légèrement à travers un linge comme cela arrive souvent, ou même au moyen des petites presses de laboratoire dont beaucoup d'entre eux sont aujourd'hui munis. Cette observation s'applique également à la petite presse à main que j'aie créée pour faire ces essais, bien que cette presse permette d'extraire jusqu'à 70 p. 100 de jus du poids de la betterave analysée.

On voit par ces diverses considérations quel intérêt considérable s'attache aux expériences que nous venons de décrire, au point de vue de la fabrication elle-même, et des rapports entre les cultivateurs et les fabricants de sucre et d'alcool. Il nous a paru nécessaire, dans l'intérêt de la justice et de la vérité, de les publier ; car je considérerais comme tout aussi fâcheux au point de vue de l'équité, que la culture bénéficiât plus longtemps au détriment de la fabrication, de l'ignorance de ces faits et de la défectuosité des procédés de détermination de la valeur de ses betteraves, que de voir les fabricants exploiter la bonne foi et le manque de connaissances spéciales de leurs vendeurs, en abaissant systématiquement et sans raison suffisante les densités reconnues dans leurs laboratoires.

En écrivant cette étude, j'ai eu pour but de fixer exactement les idées sur ces faits, afin que chaque partie puisse rendre à l'autre ce qui lui appartient, et que les rapports souvent tendus entre la culture et la fabrication soient par cela même facilités.

REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Physiologie végétale.

Sur la composition chimique du suc des tubes criblés et des sucs cellulaires alcalins, par M. J. Kraus[1]. — L'auteur recueille le suc mucilagineux qui s'écoule des tubes criblés lorsqu'on coupe les fruits mûrs de la citrouille pour y déterminer la matière sèche, les corps solubles et insolubles. Des tableaux pour lesquels nous renvoyons le lecteur à l'original, résument les données numériques. La matière sèche est, en général, relativement abondante; on a trouvé en effet une moyenne de 8,8 (oscillations de 7 à 11 1/2). Quant au rapport entre les matières solubles et insolubles, il est soumis à des variations plus grandes. On l'a trouvé dans un cas de 77,5 sur 22,5, dans un autre, de 40,7 sur 59,3. Parfois le rapport est plus constant et voisin de 60 de corps solubles sur 40 de corps insolubles. Les matières insolubles consistent en grande partie en matières albuminoïdes. La partie soluble renferme des traces de nitrates et de nitrites ainsi que des combinaisons ammoniacales; la majeure partie des composés azotés solubles consiste en amides; le phosphate de potasse existe toujours dans ce suc, qui doit à ce sel sa réaction alcaline; on y a rencontré enfin, en quantité très variable (9 à 64 p. 100 des matières solubles), une substance qui réduit la liqueur de Fehling.

Après ces considérations sur le suc des tubes criblés, M. Kraus s'occupe des sucs cellulaires alcalins en général. Payen avait annoncé que le suc des grandes papilles bien connues du *Mesembryanthemum crystallinum* est alcalin; mais M. Pfeffer n'a pu observer la même réaction. Il se trouve que l'un et l'autre ont raison. Ce suc donne, en effet, nettement la réaction alcaline avec le tournesol, mais donne au contraire une réaction acide avec la phénolphthaléine et l'acide rosolique. Il est possible que ce suc renferme un mélange de matières, les unes à réaction alcaline, les autres à réaction acide. Évaporé à siccité, le suc laisse un résidu qui contient 34 p. 100 (dans un autre cas 46 p. 100) de chlorure de sodium, 15 p. 100 d'acide oxalique, et des phosphates (respectivement 0,65 p. 100 et 2,5 p. 100 d'acide phosphorique). Ici encore il est possible que les phosphates causent la réaction alcaline.

M. Kraus termine son travail par une étude sur la répartition du sucre et des acides dans le renflement moteur de la feuille de haricot. On sait que M. Paul Bert avait attribué aux oscillations de la teneur en glucose dans les deux parties du renflement moteur de la sensitive, les mouvements périodiques des feuilles de cette plante. L'auteur montre que le sucre augmente pendant le jour dans le renflement moteur du haricot pour disparaître pendant la nuit. Le sucre ne peut donc pas causer une augmentation de la turgescence pendant la nuit. La quantité des acides suit une marche inverse dans le même tissu; ils y sont plus abondants la nuit que le jour. Néanmoins l'auteur ne peut pas se résoudre à mettre les mouvements périodiques de la feuille sur le compte des forces osmotiques variables développées par les acides.

1. Extrait des *Botanische Mittheilungen*, du même auteur. — *Abhandl. d. naturforsch. Gesellsch. zu Halle*, t. XVI, 1885. — *Bot. Centralbl*, 1885, p. 133.

Recherches sur l'amidon soluble et son rôle physiologique chez les végétaux, par M. J. DUFOUR.[1]. — Nous avons rendu compte d'une notice de M. Kraus dans laquelle l'auteur s'attache à démontrer que la matière dissoute dans le suc cellulaire de l'épiderme de certaines plantes, et qui se colore en bleu par l'iode, n'est pas de l'amidon soluble mais un tannin. Voici un travail étendu sur le même sujet qui, entrepris et exécuté presque en même temps et d'une manière tout à fait indépendante, aboutit à peu près au même résultat. Sans se prononcer sur la nature chimique du prétendu amidon soluble, l'auteur montre que ce corps, plus répandu qu'on ne le croyait, ne joue en aucune façon le rôle de l'amidon.

Les plantes qui renferment la plus grande quantité de cet « amidon soluble » sont le *Saponaria officinalis* et le *Gypsophila perfoliata*. On en trouve également dans l'*Arum italicum*, le *Bryonia dioïca*, diverses espèces d'orge, l'*Ornithogulum umbellatum*, le *Gagea lutea*, etc. Chez toutes ces plantes il est localisé dans l'épiderme, plus rarement aussi dans des tissus plus profonds. Mais M. Nägeli croit avoir trouvé un corps semblable dans diverses graines (*Anagyris fœtida*, *Peganum Harmala*, etc.).

Si on place un fragment d'épiderme détaché de Saponaire dans une goutte d'une solution d'iodure de potassium iodée, le contenu des cellules prend aussitôt une coloration violette intense. La teinture alcoolique d'iode produit un effet très différent. Il n'y a d'abord aucun changement, mais à mesure que l'alcool s'évapore, on voit apparaître aux bords de la lamelle mince, souvent aussi dans l'intérieur de la préparation, un précipité bleu, en partie amorphe, en partie formé de belles aiguilles cristallines. L'iode s'est combiné avec la substance amyloïde pour former un iodure soluble dans l'alcool et qui se dépose lorsque le véhicule s'évapore.

L'amidon soluble a été extrait par deux procédés différents qui ne peuvent naturellement donner qu'un produit impur.

1. On fait bouillir les feuilles de Saponaire dans de l'eau distillée pendant trente à quarante minutes. Le liquide filtré et concentré au bain-marie contient beaucoup de cette substance ; un cristal d'iode s'y entoure presque instantanément d'une zone bleue. On obtient la même matière à un état plus pur mais en très petite quantité en opérant non sur les feuilles entières, mais sur des lambeaux d'épiderme.

2. L'extrait alcoolique des feuilles renferme l'amidon soluble, de la chlorophylle et certainement une série d'autres substances ; il peut être débarrassé de la chlorophylle par l'éther ; le résidu repris par l'eau et filtré donne une solution jaunâtre et neutre.

Lorsqu'on laisse une goutte de la solution aqueuse s'évaporer lentement sur une lame de verre, on voit apparaître de nombreux sphéro-cristaux jaunâtres, isolés ou réunis par groupes de deux ou trois, dans lesquels on reconnait aisément des lignes radiales sans aucune trace de stries concentriques. Ces cristaux sont l'amidon soluble. Ils ont été étudiés avec soin à la lumière polarisée. Le rapport des axes a été déterminé au moyen d'une plaque de gypse donnant

1. Extrait du *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, t. XXI, n° 93, 34 pages.

dans l'eau, se fane en un temps très court, tandis qu'un rameau témoin, non injecté, reste frais et vigoureux. Cependant la succion produite par la transpiration a été substituée à la pression unilatérale; l'eau d'imbibition devait, selon M. Sachs, se trouver dans un état d'équilibre constamment rompu. Une autre objection se présente à l'esprit. En effet, pour que l'expérience soit décisive, il faut que les cavités cellulaires (et vasculaires) soient bouchées sans que les parois aient à souffrir de la présence du corps gras. Une paroi imbibée d'eau peut-elle, en un temps si court, s'imprégner d'un corps gras? Nous ne le pensons pas, et nous croyons même que, dans nos essais, les cavités des vaisseaux seuls ont été obturées. Mais enfin, la preuve faisant défaut, l'objection subsistait toujours. M. Scheit eut alors l'idée de remplacer le corps gras par de la gélatine et il répéta de cette manière les expériences de M. Elfving. Le résultat fut négatif; malheureusement M. Scheit s'est exposé aux mêmes reproches que M. Elfving : il aurait dû répéter nos expériences en se servant de gélatine comme corps obturateur.

C'est cette lacune que M. Errera vient de combler.

Les résultats ont été identiques avec ceux que nous avions obtenus antérieurement, c'est-à-dire que les rameaux dont la base est injectée de gélatine solidifiée se fanent, tandis que les rameaux non injectés, coupés sous l'eau et même à l'air, restent frais; d'où il faut conclure que l'eau de transpiration s'élève par les cavités des éléments lignifiés. M. Errera ajoute l'intéressante remarque suivante : Ainsi s'explique aussi ce fait important en sylviculture que le courant ascensionnel monte, en général, dans chaque couche annuelle, par le bois de printemps à larges vaisseaux plutôt que par le bois d'automne à vaisseaux étroits et à membranes ordinairement plus épaisses. La théorie de l'imbibition exigerait, semble-t-il, le contraire.

VESQUE.

Sur les quantités de chaleur dégagées et absorbées par les végétaux, par M. GASTON BONNIER[1]. — Déjà en 1879 M. G. Bonnier avait publié un travail sur la quantité de chaleur dégagée par les graines en germination. Il revient aujourd'hui sur ce sujet, qu'il étend aux plantes adultes, aux fleurs et aux fruits en voie de maturation, et il y rattache d'intéressantes considérations que nous prendrons la liberté de soumettre à une petite discussion à la fin de cet article.

Les méthodes employées sont au nombre de deux: I. — Il se sert du calorimètre Berthelot comme on l'emploie généralement pour l'étude des réactions lentes. Les végétaux soumis à l'expérience étaient soit directement plongés dans l'eau, soit placés dans l'aire de récipients en platine que l'on immergeait; II. — Dans la seconde manière d'opérer, il a employé le thermo-calorimètre de Regnault en y appliquant la méthode des températures stationnaires. Le thermo-calorimètre de Regnault est, comme on sait, un thermomètre dans le réservoir duquel est creusé un récipient. Les végétaux disposés dans cette cavité sont donc placés au milieu d'une double enveloppe de verre contenant du mercure ou de l'alcool.

1. Comptes rendus, t. CII, p. 448.

Pour faire une expérience, on place le thermo-calorimètre vide dans une enceinte à température constante, de telle sorte que la température et celle de l'enceinte soient rigoureusement égales. On introduit ensuite dans le récipient du calorimètre les tissus soumis à l'expérience et préalablement amenés à la température initiale. Au bout d'un certain temps, l'enceinte restant toujours à la même température t_1, le thermo-calorimètre indique des températures croissantes qui ont une limite t_2. Si l'intervalle entre les deux températures fixes n'est pas trop grand, on peut écrire :

$$q = k\,(t_2 - t_1),$$

k étant une constante et q la quantité de chaleur créée en une seconde par les tissus vivants.

L'auteur s'occupe de déterminer k par une méthode très simple pour laquelle nous renvoyons le lecteur à la note originale.

Résultats. — Les expériences ont porté sur un assez grand nombre d'espèces diverses, et les deux méthodes ont fourni des résultats suffisamment concordants pour qu'on puisse les considérer comme valables.

« Les quantités de chaleur dégagée dans le même temps par un même poids de tissus vivants sont très différentes suivant le développement d'un être ou d'un organe. Le nombre des calories produites, passe, en général, par des maxima et des minima successifs. Les maxima les plus importants sont ceux que l'on constate au début de la germination et au moment de la floraison. »

Ces deux maxima correspondent précisément, on le voit, aux deux maxima de la respiration.

Mais il ne faudrait pas croire, ajoute M. Bonnier, qu'il existe un rapport direct entre ces deux phénomènes.

En effet l'auteur dose l'acide carbonique émis pendant l'expérience et en déduit la quantité de calorique dégagé pendant la combustion du carbone nécessaire pour la formation d'une égale quantité de carbone. Il compare le chiffre ainsi obtenu à celui qui lui est fourni par l'expérience et il constate qu'il n'y a jamais une coïncidence sensible.

Au début de la germination le nombre des calories dégagées est *plus grand* que celui que dégagerait la formation de l'acide carbonique produit. Un kilogramme de pois germant, placés dans des conditions déterminées, émet par minute une quantité d'acide carbonique dont la formation dégage 4 calories et on observe dans les mêmes conditions un dégagement réel de 12 calories.

Le contraire a été constaté à la fin de la période germinative; or, pour une branche feuillée adulte de même que pour les fleurs écloses et les fruits en voie de maturation, c'est-à-dire que la quantité de chaleur dégagée est *plus petite* que celle que produirait la formation de l'acide carbonique émis.

M. Bonnier voit dans ces faits une confirmation de l'une des plus importantes hypothèses qui aient été formulées au sujet des réactions internes, à savoir : que les substances de réserve, non directement assimilables, se forment en général dans l'organisme avec absorption de chaleur, tandis que la transformation de ces substances de réserve en matériaux assimilables se fait en général avec dégagement de chaleur.

Lorsque les tissus étudiés sont surtout au moment de la consommation d'une

réserve déterminée, comme au début de la germination, la chaleur dégagée par la transformation des substances de réserve vient s'ajouter à celle que produit l'acide carbonique en se formant. Lorsque, au contraire, les tissus sont surtout au moment de la formation d'une réserve déterminée, la chaleur absorbée par la formation des substances de réserve vient au contraire se retrancher de la chaleur dégagée par la respiration, et l'on ne mesure que la différence entre ces deux quantités.

Tout en reconnaissant, à la fin de sa Note, qu'on a affaire dans l'étude des tissus vivants à la résultante de phénomènes complexes, M. Bonnier considère la respiration non seulement comme une simple combustion, mais encore comme une simple combustion de carbone, comme on le croyait autrefois. Il semble perdre de vue qu'il se forme autre chose que de l'acide carbonique pendant la respiration; que, sans compter une série de réactions dont la nature est à peine soupçonnée aujourd'hui, il se dégage encore de l'eau, ainsi que l'ont montré un grand nombre d'observateurs, depuis Th. de Saussure jusqu'à M. Laskowsky; qu'enfin ce n'est pas du carbone qui brûle, mais des corps de structure complexe dont quelques-uns ont un calorique de combustion plus élevé que le carbone. Dans tous les cas, il eût fallu déterminer la chaleur de combustion d'un corps dont la composition approche de celle qu'on obtient en additionnant les éléments disparus pendant l'expérience. Une double analyse élémentaire avant et après l'expérience nous semble absolument nécessaire dans ces sortes de recherches, et ce procédé sera infiniment préférable à la méthode gazométrique, parce que l'expérience y a une plus large part.

Une intéressante tentative de ce genre a été faite il y a peu d'années, par M. Rodewald[1], dont le travail paraît avoir échappé à M. Bonnier, quoique nous l'eussions résumé dans ce recueil. VESQUE.

Sur une méthode de dosage des acides combinés contenus dans les plantes, par M. H. DE VRIES[2]. — En faisant l'analyse du jus des plantes on a l'habitude de déterminer la quantité d'acides par deux procédés différents. On commence par déterminer l'acidité à l'aide d'une liqueur de potasse titrée, afin d'obtenir le chiffre de l'acide libre, ensuite on dose l'acide carbonique dans les cendres du jus pour en déduire la quantité des acides végétaux qui se sont transformés en acide carbonique pendant l'incinération. On obtient ainsi le chiffre des acides combinés; mais ce dernier procédé n'est applicable que lorsque le jus ne renferme pas de nitrates, parce que ceux-ci déterminent la combustion d'une certaine quantité de matières organiques qui donnent des carbonates alcalins. Lorsqu'il s'agit de déterminer l'acidité du jus, on est souvent ennuyé du défaut de précision de la réaction terminale, défaut de précision qui peut être attribué à la présence d'acides tanniques ou à la combinaison d'une partie des acides avec des bases organiques, telles que l'asparagine, la glutamine, etc.

Pour titrer les bases organiques en combinaison, M. Menschutkin mélange le liquide à titrer avec beaucoup d'alcool. L'auteur se propose de rechercher si on

1. Voy. *Annales agronomiques*, t. X, p. 236.
2. *Over eene methode om in plantensappen gebonden zuren te bepalen*, — *Maandbl. voor Natuurwetenschappen*, 1884. — *Bot. Centralbl.*, 1885, t. XXIV, p. 249.

obtient également de bons résultats en opérant de même dans le cas présent. Le résutat des essais a été très favorable. La réaction colorée était d'une netteté très suffisante toutes les fois qu'on avait ajouté à la liqueur au moins le volume quadruple d'alcool à 90 p. 100. Il suffisait régulièrement de deux à trois gouttes de potasse au dixième pour obtenir le changement de coloration avec la phénolphthaléine.

Voici donc comment il faudra opérer. Le jus obtenu par expression est d'abord débarrassé de l'albumine, si cela est jugé nécessaire, par une élévation de la température en vase clos et la filtration. On prélève 5^{cc} du jus pour la détermination de l'acidité par le procédé ordinaire en employant le papier de curcuma comme indicateur. Le reste est étendu de dix à vingt fois son volume d'alcool à 90 degrés et titré avec une solution normale de potasse au dixième, cette fois avec la phénolphthaléine comme indicateur. Si on retranche l'un de l'autre les deux nombres, on obtient un chiffre qui exprime la quantité d'acide combiné avec des bases organiques ou avec l'ammoniaque. En effet, les sels ammoniacaux donnent la même réaction que les sels à bases organique, ce qui est un avantage en se sens qu'ils se détruisent pendant l'incinération. Du reste les sels ammoniacaux ne se trouvent qu'en très petite quantité dans les plantes.

Les analyses dont l'auteur reproduit les résultats prouvent que souvent une grande partie des acides est liée à des bases organiques. Dans les organes jeunes et vigoureux, la quantité d'acide combiné dépasse en général de beaucoup celle de l'acide libre, tandis que dans les sucs acides tels que celui du pétiole de la rhubarbe et dans les organes adultes, les deux quantités sont égales ou bien l'acide libre dépasse l'acide combiné.

Agriculture.

L'aire géographique du caféier, par M. Max Fuchs. — Pour que le caféier donne une récolte rémunératrice, il faut que la température moyenne de l'année soit au moins de 15°. Les localités dont la température moyenne est de 20°, sont les plus propres à cette culture, mais l'arbre prospère encore à Podor (Sénégal) où la température moyenne s'élève à 28°,1. La plus basse température mensuelle ne doit pas tomber au-dessous de 11°. Si on excepte le Sénégal, la différence entre la plus haute et la plus basse température mensuelle reste au-dessous de 7 degrés.

On cultive deux espèces différentes : le *Coffea arabica* et le *Coffea liberica;* ce dernier supporte mieux les hautes températures que le *Coffea arabica*. Les plantations de caféier exigent des conditions d'humidité toutes particulières. Le sol, formé par des roches volcaniques désagrégées en Arabie, dans l'Inde et à Java, au contraire par des roches calcaires à Ceylan, Cuba, à la Jamaïque et au Pérou, doit être sec de sa nature. Néanmoins le caféier exige beaucoup d'eau; le meilleur système consiste à établir une bonne irrigation artificielle. Les versants qui ne retiennent pas l'eau conviennent le mieux. Les sols qui retiennent l'humidité, tels que les terrains argileux, sont extraordinairement défavorables au développement du système radiculaire. Tout en préférant une saison essentiellement sèche, le caféier doit être protégé, surtout dans les premières années, contre une transpiration et une insolation trop fortes, résultat

qu'on obtint souvent à l'aide d'autres arbres, par exemple de l'*Erythrina indica.*

Un pied de caféier fournit des récoltes extrêmement variables suivant les localités. En Abyssinie un arbre donne de 15 à 20 kilogrammes de graines, à Ceylan, 2 kilogrammes et demi, à Costa-Rica et en Colombie, 2 kilogrammes, au Mexique, 1 à 1kg,500 et Cuba environ 750 grammes seulement.

Dans l'île de Ceylan le *Coffea liberica* est quatre fois plus productif que le *Coffea arabica.*

D'après toutes ces données générales, l'auteur pense que la colonie allemande de la Nouvelle-Guinée se prêtera fort bien à la culture du caféier.

Découverte d'un gisement de phosphate de chaux dans le sud de la Tunisie, par M. Ph. Thomas. — La longue chaîne qui entre Gafsa et la frontière algérienne sépare les hauts plateaux tunisiens de la région des Chotts a pour axe principal un bombement crétacé, dont les pendages nord et sud supportent directement des lambeaux de la formation eocène. C'est dans ces derniers et près de leur contact avec les couches crétacées qu'ont été découverts les dépôts de phosphorites.

Les marnes sableuses qui les renferment contiennent également de grandes quantités d'ossements de squales et d'énormes crocodiliens.

Les phosphorites se présentent toujours en très grand nombre dans cette couche marneuse soit sous forme de coprolithes cylindriques de toutes dimensions, soit sous celle de gros nodules jaunes du poids de plusieurs kilogrammes associés à d'autres nodules plus petits, les uns blancs, ovoïdes et à surface striée, les autres plats, lisses et recouverts d'une sorte de vernis noir et luisant.

Analysés par M. l'ingénieur Rolland ils ont fourni les chiffres suivants :

	Acide phosphorique p. 100	Phosphate de chaux tribasique p. 100
Coprolithes	32.00	70.80
Gros nodules jaunes	24.00	52.10
Nodules noirs et blancs	1.52	3.24

L'auteur ne doute pas que ces gisements soient susceptibles d'exploitation industrielle.

Le Gérant : G. Masson.

Bourloton. — Imprimeries réunies, B.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DE LA

MIGRATION DES PRINCIPES HYDROCARBONÉS

DANS L'ORGANISME VÉGÉTAL.

ACCUMULATION DU SUCRE DE CANNE DANS LA PARTIE SOUTERRAINE DE LA BETTERAVE

PAR

LÉON BRASSE

Licencié ès sciences, préparateur au Collège de France.

Lorsque j'eus constaté ce phénomène, non encore observé jusqu'ici en physiologie végétale, d'une action limitée par la présence des produits auxquels elle a donné naissance, j'ai été fort surpris d'un pareil résultat et ce n'est qu'après avoir vérifié le fait par de nombreuses analyses que je me suis décidé à le publier[1].

En effet, il est admis, et les preuves à l'appui en sont indiscutables, que, lors de l'action de l'amylase sur l'empois d'amidon, la quantité d'amidon transformée en dextrine et maltose est fonction de la quantité de diastase qu'on fait entrer en réaction.

Or les diastases que j'ai extraites des feuilles ne m'ont jamais donné de dextrine quand je les ai fait agir sur l'amidon *cru*, de plus, l'action s'est toujours arrêtée avant la dissolution complète de l'amidon, quelle que soit la quantité de diastase employée, excepté dans le cas où j'enlevais la glucose au fur et à mesure de sa production. La diastase du malt m'a donné des résultats identiques donc, mes diastases n'étaient pas d'une nature spéciale.

Ces résultats, différents de ceux obtenus jusqu'ici, doivent être attribués à l'état de l'amidon sur lequel je faisais agir mes diastases. J'ai déjà dit que j'opérais sur l'amidon cru, c'est-à-dire sur l'amidon tel qu'il existe dans la nature et non sur l'empois qui n'est pas un produit physiologique.

Mon point de départ (amidon cru), la nature du produit obtenu (sucre réducteur non mélangé de dextrine), la température à laquelle a lieu la réaction (au-dessous de 50°), tout me faisait penser que

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. C, p. 454. — *Ann. agron.*, avril 1886.

j'étais plus près de la réalisation du phénomène de dissolution physiologique de l'amidon que les auteurs qui, à une température supérieure à 60° transforment l'empois d'amidon en un sucre réducteur mélangé de dextrine.

Il me restait toutefois à prouver encore que la limite que j'avais observée dans mes expériences *in vitro*, est une des conditions du phénomène physiologique de la dissolution de l'amidon.

Or, je crois que l'expérience de M. Cuboni, que j'ai relatée dans la première partie de ce travail, est venue lever les derniers doutes qui pouvaient rester à ce sujet[1].

Nous pouvons donc formuler ainsi le rôle de l'amylase dans l'organisme végétal : *L'amylase agit directement sur l'amidon cru pour le transformer en un sucre réducteur (probablement de la glucose) l'action s'arrêtant dès qu'une certaine quantité de sucre a pris naissance, pour se continuer ensuite, si ce sucre trouve une issue qui lui permette de sortir du cercle d'action de la diastase.*

Nous sommes de suite amené à rapprocher ce mode d'action de la diastase d'un certain nombre de phénomènes bien connus en chimie générale et qui sont régis par les lois de la dissociation.

Les phénomènes de la dissociation consistent en une décomposition qui s'arrête, dès que l'un des produits qui ont pris naissance a atteint un certain taux, qui est toujours le même pour une même température. Cette limite est appelée tension de dissociation.

Dans les phénomènes de dissociation, la réaction est réversible, c'est-à-dire que, lorsque l'agent qui occasionne la décomposition cesse d'agir, le système revient à l'état primitif en suivant une marche inverse.

En d'autres termes, si l'action de l'amylase sur l'amidon cru obéit aux lois de la dissociation, cette même amylase, dans d'autres conditions, agira sur les sucres réducteurs, produits de la réaction primitive, et les transformera en amidon.

J'ai cherché à réaliser cette dernière expérience ; mais après de nombreux essais infructueux, j'ai renoncé à poursuivre la solution du problème dans cette voie pour m'adresser à un autre cas assez obscur de la formation des réserves, notamment des réserves solubles et en particulier l'accumulation du sucre de canne dans la portion souterraine de la betterave.

1. *Ann. agron.*, t. XII, p. 200.

Pour rendre mon exposé aussi clair que possible je crois devoir décrire dans ses grandes lignes la marche générale de la formation des réserves insolubles telle qu'elle nous est connue par les recherches déjà anciennes de M. Dehérain dont les conclusions sont aujourd'hui universellement admises. Seules les réserves solubles ont fait jusqu'ici exception, mais comme une pareille exception est incompatible avec l'unité de plan de composition qui domine tout en biologie, j'espère prouver toute la force des conceptions de M. Dehérain en faisant rentrer ce cas particulier dans le cadre général qu'il a tracé.

Les échanges qui se produisent entre une cellule et le milieu ambiant sont régis par les lois de la diffusion à travers les membranes. Si nous considérons deux dissolutions, A et B, séparées par une membrane dialysante, et si nous ne considérons dans ces dissolutions que les substances capables de traverser la membrane; au bout d'un certain temps variable avec la composition des liqueurs, les dissolutions A et B auront la même composition centésimale. A ce moment, introduisons du côté A une substance capable de précipiter un des principes dissous, l'équilibre sera rompu pour ce principe et un nouvel état d'équilibre tendra à s'établir par l'arrivée d'une nouvelle quantité de la substance précipitable qui s'est trouvée en excès du côté B, à la suite de la précipitation effectuée du côté A.

Si l'addition de la substance précipitante est répétée un certain nombre de fois, l'équilibre n'a pu s'établir et B n'a cessé de dialyser vers A; à un certain moment, la totalité de la substance précipitable qui à l'origine était répandue dans les deux milieux, est venu s'accumuler à l'état insoluble du côté A [1].

Considérons maintenant un tissu constitué par un certain nombre de cellules ayant chacune sa paroi propre et, dans les échanges qui auront lieu entre elles, ne nous occupons que d'un seul principe: la glucose.

Si le tissu est homogène, c'est-à-dire composé de cellules de même fonction et douées de la même vitalité, un certain équilibre ne tardera pas à s'établir. Supposons maintenant que quelques-unes de ces cellules contiennent un agent capable de transformer en amidon la glucose qu'elles renferment, l'équilibre sera rompu

1. *Annales des sciences naturelles*, t. VIII, 5e série, p. 145 (1867).

et il tendra à se rétablir par l'arrivée dans ces cellules, de nouvelles quantités de glucose qui y deviendront à leur tour insolubles en se transformant en amidon. Or comme cet amidon, dans certaines circonstances, se transforme en glucose, la glucose n'a donc fait, en se transformant en amidon, que prendre un état qui lui permette d'échapper momentanément à la diffusion, et, par conséquent, de s'accumuler; nous assistons ainsi à la formation d'une réserve transitoire insoluble.

L'accumulation d'un principe soluble, telle qu'on se l'imagine aujourd'hui, ne peut évidemment pas rentrer dans ce cadre et jusqu'ici aucune explication satisfaisante n'en a été donnée. Si l'on admet que le sucre de canne s'accumule sans changer d'état, comme tout paraît le démontrer, il semble si l'on se borne à un examen superficiel, qu'il se passe dans une betterave un phénomène absolument en contradiction avec toutes les lois de la diffusion. Prenons une betterave, une améliorée Vilmorin par exemple, dont certains échantillons, cultivés dans des conditions spéciales, atteignent 23 à 24 p. 100 de sucre tandis que les feuilles n'en contiennent au plus que 5 p. 100. La répartition du sucre dans cette plante est non seulement contraire aux lois de la diffusion mais encore le sucre de canne produit dans la feuille sous l'influence des radiations lumineuses se rend, au fur et à mesure de son élaboration, dans la racine qui en contient pourtant quatre ou cinq fois plus.

Les lois de la diffusion semblent donc être violées à moins d'admettre que le sucre de canne se trouve dans la racine sous une forme insoluble. On a bien cherché à faire jouer un rôle à l'insolubilité du sucrate de chaux; mais on n'a pas tardé à reconnaître que la chaux était absolument insuffisante dans la racine pour y tenir en combinaison une quantité appréciable de sucre. Et d'ailleurs, l'insolubilité du sucre de canne dans la racine devrait être bien éphémère puisque c'est sur sa solubilité dans l'eau que sont fondés les nouveaux procédés d'extraction, dits par diffusion.

Il faut donc que l'hypothèse qui permettra de concevoir l'accumulation du sucre de canne rende compte de ces deux conditions opposées: insolubilité relative dans la plante vivante, solubilité dans les conditions industrielles.

Nous entendons par insolubilité relative que le sucre est entré dans une combinaison quelconque qui lui permet d'échapper aux

lois de la diffusion dans certaines conditions que nous définirons plus loin.

Or, deux classes de corps échappent aux lois de la diffusion : les corps insolubles et les corps colloïdaux. La majeure partie des éléments qui constituent le protoplasma appartient à cette dernière classe. On peut admettre *a priori* que le sucre, par sa combinaison avec l'un d'eux, échappe à la diffusion sauf à vérifier les conséquences qui découlent de cette manière de voir. Nous n'aurions fait que reproduire sous une autre forme les diverses opinions émises sur la question qui nous occupe, s'il nous fallait ajouter une autre hypothèse pour expliquer ce qui se passe lors de l'extraction industrielle du sucre par diffusion. Cette nouvelle hypothèse est inutile. Nous allons prouver que cette combinaison, que nous avons admise, obéit aux lois de la dissociation et les conclusions que nous serons alors en droit d'en tirer nous permettront de nous rendre compte des divers phénomènes auxquels donne lieu la présence des réserves solubles.

Prenons, pour servir de base au raisonnement et pour interpréter plus tard les expériences, un exemple que nous empruntons à la dissociation des matières dissoutes, si bien étudiée par M. Ditte.

Le sulfate de chaux est légèrement soluble dans l'eau. Si nous ajoutons à sa dissolution une quantité convenable de sulfate de potasse, il se forme un précipité contenant tout le sulfate de chaux et une quantité équivalente de sulfate de potasse.

Rien ne se produit, tant que la quantité de sulfate de potasse ajoutée n'atteint pas 25 grammes par litre, mais dès que cette limite est atteinte, toute nouvelle quantité de sulfate de potasse qu'on ajoute à la dissolution est apte à se combiner avec le sulfate de chaux dissous, pour former du sulfate double de potasse et de chaux insoluble.

Ce chiffre, 25 grammes par litre, est ce qu'on appelle la *tension de dissociation* du sulfate double de potasse et de chaux. C'est la quantité minimum de sulfate de potasse que doit contenir une dissolution dont le volume est 1 litre. pour que du sulfate double de potasse et de chaux qu'on y ajoutera en quantité quelconque n'y subisse aucune décomposition.

Entrons plus avant dans l'étude du phénomène et examinons les différents cas qui peuvent se présenter.

1° Si nous mettons en présence de l'eau pure une certaine quan-

tité de sulfate double de potasse et de chaux, ce sel va se décomposer en sulfate de potasse et sulfate de chaux jusqu'à ce que l'eau pure ait dissous 25 grammes par litre de sulfate de potasse. Si la quantité de sel double est convenable, une portion seulement se décompose pour fournir les 25 grammes par litre de sulfate de potasse, le reste du sel double demeure indécomposé et mélangé du sulfate de chaux provenant de la décomposition.

2° Si on ajoute au système précédent une quantité d'eau égale à celle qui y est contenue, la dissolution ne renfermera plus 25 grammes au litre mais 25 grammes pour 2 litres. Une nouvelle quantité de sel double se décomposera pour récupérer la tension de dissociation. On pourra donc, par des additions d'eau répétées, arriver à décomposer complètement le sel double.

3° Si, à une dissolution contenant plus de 25 grammes par litre de sulfate de potasse, nous ajoutons du sulfate de chaux, il se formera un précipité de sulfate double de potasse et de chaux et la précipitation s'arrêtera quand la dissolution aura été amenée à ne plus renfermer que 25 grammes par litre.

En résumé, si nous mettons en présence du sulfate double de potasse et de chaux mélangé de sulfate de chaux et une dissolution de sulfate de potasse, cette dissolution s'enrichira en sulfate de potasse toutes les fois qu'elle en renfermera moins de 25 grammes par litre et s'appauvrira dans le cas contraire.

Appliquons ce principe à la betterave :

Admettons que le sucre forme avec le protoplasma de la racine une combinaison non dialysable et possédant une tension de dissociation.

Dans l'état d'équilibre, c'est-à-dire s'il n'y a ni assimilation ni dépense de sucre, le sucre sera accumulé partout où il est susceptible d'entrer en combinaison et il en existera dans tous les autres points une certaine proportion qui sera précisément égale à la tension de dissociation du composé formé.

Si, par suite de l'assimilation due à la fonction chlorophyllienne, la teneur en sucre des feuilles vient à surpasser la tension de dissociation, cet excès ira s'accumuler aux points où il pourra entrer en combinaison.

Inversement, si, par suite de la formation de nouveaux tissus, la tension vient à s'abaisser en un point de la betterave, la combinaison du sucre avec le protoplasma se décomposera jusqu'à ce que la tension de dissociation soit de nouveau établie.

On peut ainsi se rendre compte des deux ordres de phénomènes auxquels donnent lieu la présence des réserves.

Dans l'extraction industrielle du sucre par les procédés de diffusion la quantité d'eau employée est trop forte pour que la tension puisse s'établir, la combinaison sucrée est donc entièrement décomposée.

Or c'est dans la racine de la betterave que s'accumule le sucre de canne, c'est là, que d'après notre hypothèse, le protoplasma est apte à se combiner avec le sucre.

Considérons donc les fragments de racines et examinons comment ils doivent se comporter envers les dissolutions contenant diverses proportions de sucre de canne; nous verrons ensuite si l'expérience justifie les prévisions auxquelles le raisonnement nous aura conduit.

En présence de l'eau pure, la combinaison sucre et protoplasma se dissocie, la betterave doit donc perdre du sucre et l'eau pure en dissoudre.

Si nous remplaçons l'eau pure par une dissolution sucrée, les choses se passeront de même, c'est-à-dire que la betterave perdra du sucre tant que la dissolution renfermera une proportion de sucre inférieure à la tension de dissociation du composé sucre et protoplasma, car dans ce cas, ce composé n'est pas stable.

Si nous prenons des dissolutions de plus en plus riches en sucre, il arrivera un moment où la betterave ne perdra plus de sucre, la combinaison sucre et protoplasma est devenue stable, c'est-à-dire que la proportion de sucre contenue dans la dissolution est devenue précisément égale à la tension de dissociation de ce composé.

Si nous continuons à faire croître la richesse en sucre des dissolutions, une partie du protoplasma qui n'a pas encore contracté de combinaison avec le sucre se combinera à celui qui se trouve en excès dans la dissolution, celle-ci s'appauvrira tandis que la betterave s'enrichira. Tout ce que nous venons de dire est exactement calqué sur l'exemple que nous avons cité plus haut, il nous a suffi d'y remplacer : sulfate de potasse par sucre, sulfate de chaux par protoplasma et sulfate double de potasse et de chaux par combinaison de sucre avec le protoplasma.

Mes recherches ont été singulièrement facilitées par la bienveillance de M. Vilmorin qui m'a permis de puiser non seulement dans ses cultures de Verrières mais encore dans les carrés où il

crée par sélection des races nouvelles. C'est là que j'ai trouvé cette racine dont il a déjà été question et qui renfermait la proportion anormale de 24,80 p. 100 de sucre.

J'ai pu ainsi examiner des betteraves de richesses variées, telles que : Rouge à salade, Collet rose du Nord, Brabant, Rose hâtive, Améliorée Vilmorin, etc.... Je prie donc M. Vilmorin de bien vouloir accepter ici tous mes remerciements pour le bienveillant appui qu'il m'a prêté.

Première série d'expériences.

Il s'agissait, ainsi qu'il a été dit, de voir comment des betteraves de même richesse se comporteraient envers des dissolutions de sucre de canne de concentrations diverses.

Afin d'avoir des échantillons comparables, je partage une betterave en quatre ou six parties par des coupes dans le sens de l'axe. Une des tranches est réservée pour le dosage du sucre, les autres sont mises en expérience.

On prépare des solutions sucrées de diverses concentrations, de chacune 250 centimètres cubes. On en introduit 100 centimètres cubes dans deux vases à précipiter de même grandeur, et on dose le sucre dans ce qui reste après qu'on a prélevé ces 200 centimètres cubes.

Chaque tranche de betterave, après avoir été coupée en quatre ou cinq morceaux, est introduite dans l'un des vases à précipiter, on fait en sorte que tous les morceaux soient recouverts par le liquide.

Tous les vases sont abandonnés pendant vingt-quatre heures dans une pièce dont la température est voisine de 10° et recouverts d'une plaque de verre, afin d'entraver l'évaporation dont on n'a pourtant pas à tenir compte puisque à chaque vase contenant la betterave en correspond un autre, présentant la même surface, qui sert de témoin.

Quand vingt-quatre heures se sont écoulées, on analyse les diverses liqueurs sucrées.

Si la composition du liquide témoin a changé pendant les vingt-quatre heures, l'expérience est rejetée. Ce cas s'est présenté rarement et même jamais en vingt-quatre heures quand la température ambiante ne dépassait pas 10 degrés.

Voici quelques-uns des résultats obtenus dans cette première série d'expériences, qui va du 20 septembre au 16 novembre.

BETTERAVE ROUGE (richesse saccharine = 7 p. 100).

Sucre p. 100 dans les liqueurs.

Avant..........	2	4	6	12
Après	2.14	3.67	5.4	11.6
Différences.....	+ 0.14	— 0.33	— 0.6	— 0.4

Cette betterave qui contenait cependant 7 p. 100 de sucre en a pris à une liqueur qui n'en contenait que 4 p. 100 et elle a pris presque autant de sucre à cette dissolution qu'à une autre qui en contenait 12 p. 100.

Les différences quoique faibles ne peuvent pas être attribuées à des erreurs d'expériences, ces erreurs atteignant tout au plus le 1/100 tandis que les différences constatées sont presque toujours comprises entre 1/10 et 1/20.

BETTERAVE ROUGE A SALADE (richesse saccharine = 6,55 p. 100).

Sucre p. 100 dans les liqueurs.

Avant......	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
Après......	0.72	1.13	1.5	1.95	2.36	2.9	3.4	3.8	4.3	4.6
Différences.	+ 0.22	+ 0.13	+ 0	— 0.05	— 0.14	— 0.10	— 0.10	— 0.20	— 0 20	— 0.40

AMÉLIORÉE VILMORIN (richesse saccharine = 20,80 p. 100).

Sucre p. 100 dans les liqueurs.

Avant..............	0	0.5	1.25	2.50	3.75	5.00
Après..............	0.57	0.78	1.60	2.80	3.60	4.80
Différences........	+ 0.57	+ 0.28	+ 0.35	+ 0.30	+ 0.15	— 0.20

Dans cette première série j'avais encore fait quelques expériences en vue d'examiner si les résultats obtenus tenaient à la nature vivante de la betterave ou bien à une cause physique demeurée inaperçue. En voici une qui montre comment se comportent envers les mêmes solutions sucrées deux betteraves dont l'une est vivante quoique débitée en morceaux et dont l'autre est chloroformée. C'est une étude que je reprendrai plus tard; je cite seulement quelques chiffres pour mémoire.

Richesse saccharine.

Betterave vivante..............................	24.80 p. 100
Betterave chloroformée.........................	18.75 —

Sucre p. 100 dans les liqueurs.

	Vivante.	Chloroformée.	Vivante.	Chloroformée.	Vivante.	Chloroformée.
Avant............	2.4	2.5	5.0	5.0	10.0	10.0
Après...........	2.6	3.37	4.9	5.4	9.8	10.3
Différences.......	+ 0.10	+ 0.87	— 0.10	+ 0.40	— 0.20	+ 0.30

Chose digne de remarque, quelques gouttes de chloroforme en même temps qu'elles anesthésient la betterave font immédiatement cesser l'accumulation des réserves sucrées, ce qui semblerait démontrer que la combinaison dont nous avons admis hypothétiquement l'existence n'est stable que pendant la vie du végétal. Mais c'est une question sur laquelle il faudra revenir pour essayer de l'élucider, ce que je me propose de faire plus tard. Pour l'instant il nous faut retenir ceci, c'est que le changement de signe qui se produit dans tous les cas quand les betteraves sont vivantes, ne se produit pas pour une betterave anesthésiée.

Deuxième série d'expériences.

Cette manière de procéder, en analysant seulement les liqueurs, avait ceci de défectueux qu'on pouvait supposer que, la disparition du sucre avait lieu sans que la betterave y fût pour rien; la seconde série d'expériences a été exécutée pour répondre aux objections auxquelles la première pouvait donner lieu.

Au moyen d'une sonde Vilmorin, on enlève dans une betterave un échantillon perpendiculaire à l'axe et on le partage par une section faite en son milieu en deux tampons symétriques par rapport à l'axe de la racine.

On a tout lieu d'admettre que ces deux tampons sont identiques, ils appartiennent à une même couche horizontale, ils contiennent le même nombre de couches concentriques et sont orientés de la même manière par rapport aux faisceaux primaires de la racine.

Après avoir pris leur poids, on dose le sucre dans l'un deux et on met l'autre en expérience.

Pour cela on introduit 25 centimètres cubes d'une dissolution sucrée dans une éprouvette, on y met le tampon qui doit baigner entièrement et on bouche avec un bouchon de liège.

Le tout est abandonné pendant quarante-huit heures dans une pièce à 10 degrés.

Au bout des quarante-huit heures on prélève 10 centimètres cubes de la dissolution et on en fait l'analyse. Le chiffre trouvé correspond à ceux de la première série où l'on ne tenait compte que du rapport entre le sucre et l'eau.

On enlève le tampon, on le plonge dans de l'eau distillée et on le retire aussitôt pour l'essuyer et le peser puis on y dose le sucre.

On dose également le sucre dans la solution sucrée qui reste dans l'éprouvette et à laquelle on réunit l'eau où l'on a lavé le tampon. On ajoute à la quantité de sucre trouvée dans cette opération celle qui se trouvait dans les 10 centimètres cubes.

Tous ces dosages ont été faits avec grand soin, l'oxyde cuivreux a été pesé à l'état d'oxyde cuivrique, la quantité de sucre a été calculée d'après la méthode d'Allihn[1] ce qui nous a permis de réduire les erreurs d'analyse à leur dernière limite. De plus nous avons ici un contrôle : la quantité de sucre de canne mise en expérience doit se retrouver à la fin, ou n'avoir subi que de légères pertes, car, bien qu'on opère à une même température inférieure à 10°, les microbes n'ont pas laissé que de faire disparaître un peu de sucre. Cependant dans le cas de la betterave Collet rose du Nord, où la température se trouvait au voisinage de zéro, la quantité de sucre n'a pas varié pendant les quarante-huit heures qu'a duré l'expérience.

BETTERAVE BRABANT (richesse saccharine = 11,36 p. 100).

Sucre p. 100 dans les liqueurs.

Avant.........	0.99	1.90	3.86	4.85
Après.........	1.07	5.00	3.78	4.54
Différences.....	+ 0.08	+ 0.10	— 0.08	— 0.31

Poids du sucre contenu dans les dissolutions (en milligrammes).

Avant.........	497.51	952.38	1932.4	2427.2
Après.........	504.12	969.23	1966.1	2334.7
Différences.....	+ 6.61	+ 16.85	+ 33.7	— 93.0

Poids du sucre contenu dans la betterave (en milligrammes).

Avant.........	1564.5	1385.4	1361.5	1188.2
Après.........	1517.7	1342.2	1333.1	1251.9
Différences.....	— 48.8	— 43.2	— 28.5	+ 63.7

Ainsi une betterave qui contenait déjà 11,36 p. 100 de sucre a continué à en assimiler aux dépens d'une dissolution deux fois et demie moins riche qu'elle. Ce résultat confirme tous ceux de la première série. Cependant comme on pouvait objecter que la dissolution sucrée avait bien pu passer telle quelle dans la betterave par simple imbibition, j'ai établi les rapports entre le sucre dans la betterave, le poids total de l'échantillon, et le poids de l'eau qu'il contenait avant et après.

1. *Journal für pract. Chemie*, t. XXII, p. 52.

	Concentration des liqueurs.			
	0.99	1.90	3.86	4.85 p. 100
	Richesse saccharine du tampon mis en expérience.			
Avant............	11.36	11.36	11.36	11.36
Après............	10.02	10.04	11.22	12.31
	Rapport entre l'eau et le sucre contenu dans le tampon.			
Avant............	$\frac{7.14}{1}$	$\frac{7.14}{1}$	$\frac{7.14}{1}$	$\frac{7.14}{1}$
Après............	$\frac{8.52}{1}$	$\frac{8.42}{1}$	$\frac{7.49}{1}$	$\frac{6.77}{1}$

On voit qu'au lieu de s'emparer de la dissolution par imbibition, l'échantillon qui a assimilé du sucre a en même temps perdu de l'eau; en d'autres termes, une betterave contenant 11,36 p. 100 de sucre s'est desséchée dans une solution sucrée à 4,85 p. 100. Ce qui est contraire à tous les faits connus et ce qui montre bien que la totalité du sucre contenu dans la betterave n'y est pas à l'état de dissolution. Voici maintenant un dernier exemple particulièrement instructif car on retrouve à la fin la même quantité de sucre qu'au commencement de l'expérience, la répartition seule a changé. Nous y voyons de plus que la betterave assimile encore du sucre au voisinage de zéro.

COLLET ROSE DU NORD (richesse saccharine = 13,57 à 14,58 p. 100).

	Concentration des liqueurs.									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 p. 100
	Sucre contenu dans les liqueurs (en milligrammes).									
Avant	261	465	708	999	1120	1356	1572	1726	1983	2167
Après........	636	731	833	1055	1140	1233	1519	1726	1831	2022
Différences ..	+ 315	+ 265	+ 125	+ 46	+ 20	— 123	— 53	— 0	— 152	— 145
	Sucre contenu dans la betterave (en milligrammes).									
Avant......	2061	2182	1978	2189	2026	1763	1575	1758	1572	1722
Après......	1671	1908	1844	2129	2002	1874	1623	1703	1716	1859
Différences..	— 390	— 275	— 133	— 60	— 24	+ 111	+ 48	+ 5	+ 144	+ 137

Cette seconde série d'expériences commencée le 16 novembre se termine par l'expérience que nous venons de relater et qui est du 9 décembre. Ces recherches auraient gagné à être faites plus tôt, la betterave prise en cours de végétation eût été sans doute plus apte à fixer une quantité notable de sucre et le phénomène aurait été plus net. Je serais peut-être arrivé à établir la tension de dissociation pour les betteraves de richesses diverses.

Quoiqu'il en soit, les chiffres donnés plus haut sont tous conformes aux prévisions que j'avais déduites de mon hypothèse.

Je crois donc avoir bien établi ce fait, qu'un fragment de betterave emprunte du sucre à une dissolution qui en renferme une proportion beaucoup moindre que celle que contient la betterave elle-même, et je me crois autorisé à conclure de ce fait et de tout ce qui a servi à l'établir :

Que le protoplasma de la racine peut contracter avec la saccharose, une combinaison insoluble ou colloïdale, mais en tout cas non dialysable et possédant une tension de dissociation.

Que cette combinaison ne paraît exister que pendant la vie du végétal, et que, par conséquent, je ne crois pas qu'il soit possible de l'extraire pour le mieux définir, car le chloroforme qui tue ou anesthésie le protoplasma suffit pour détruire cette combinaison.

Il me reste encore de nombreux détails à élucider, mais j'espère mener à bien la tâche que je me suis imposée : grâce à M. Vilmorin, qui met gracieusement à ma disposition tous les matériaux nécessaires et à mon illustre maître, M. Berthelot, dans le laboratoire duquel j'ai commencé et je poursuivrai ce travail.

OBSERVATIONS SUR LES ALGUES D'EAU DOUCE

PAR

M. E. BRÉAL

Préparateur au laboratoire de physiologie végétale du Muséum

Lorsque, pour faire germer des graines, on les met en contact avec de l'eau de fontaine, elles cèdent à l'eau une certaine quantité de substance organique. Après un temps plus ou moins long, si le liquide est resté exposé à la lumière, on voit qu'il a pris une teinte verte, qui est due à des Algues microscopiques, chargées de chlorophylle. A côté de ces végétaux verts, il existe toujours dans le liquide d'autres organismes, généralement incolores, doués de mouvement, qui sont des infusoires ou bien des ferments.

J'ai pris pour sujet d'observation les Algues qui se sont développées ainsi dans l'eau douce en présence de la substance organique provenant de graines. Les formes en sont assez simples ; ce sont des sphères ou des ellipsoïdes, de diamètres variés, mais ne

dépassant généralement pas 5 millièmes de millimètre; elles sont isolées, ou par groupes de deux ou quatre, avec un tégument qui provient de l'algue mère. Parfois elles sont serrées les unes contre les autres, et forment des colonies à nombre illimité de sujets. M. Bornet, qui a eu la bonté de les examiner, les a classées dans les Protococcacées. Ces organismes sont excessivement répandus. Je les ai retrouvés dans les mares, dans les flaques d'eau, dans l'eau des ornières des chemins.

Plusieurs des phénomènes les plus importants de la physiologie végétale se produisent facilement avec les Algues, et il m'a paru intéressant de décrire quelques-unes de ces expériences que les Algues permettent de répéter plus aisément que des espèces d'un grand développement.

Réduction de l'acide carbonique. Production de l'oxygène. — Plaçons un flacon rempli de cette eau verdie par les Algues dans un endroit peu éclairé. Peu à peu les Algues tombent au fond ou viennent se fixer contre la paroi la plus éclairée; si le repos a été assez prolongé, nous pourrons examiner sous le microscope une goutte de liquide sans y découvrir d'organismes verts. Replaçons le flacon à la lumière : en très peu de temps nous voyons des bulles gazeuses se détacher des Algues et monter à la surface; nous voyons les Algues elles-mêmes, entraînées par le gaz, s'élever dans le liquide, puis retomber, quand le gaz qui les soulevait s'est dégagé dans l'air; on croit presque se trouver devant un liquide en ébullition.

Le gaz qui se dégage des Algues sous l'influence de la lumière solaire est de l'oxygène. Il provient de l'acide carbonique qui était dissous dans l'eau et que ces végétaux chargés de chlorophylle décomposent pour en assimiler le carbone. L'acide carbonique est fourni à l'eau en partie par l'air, mais principalement par les matières organiques que les infusoires et les ferments ont pour fonction de brûler. Si nous examinons, en effet, au microscope une goutte de liquide, surtout si nous la puisons à la surface, nous voyons à côté des Algues vertes un grand nombre d'organismes incolores presque toujours en mouvement.

Il existe donc dans ce flacon exposé à la lumière deux ordres d'êtres qui y entretiennent une vie très active : les organismes incolores qui brûlent de la matière carbonée et produisent l'acide carbonique, et les Algues chargées de chlorophylle, qui décom-

posent l'acide carbonique pour s'assimiler le carbone et mettre de l'oxygène en liberté.

On peut entretenir les Algues et leur faire dégager de l'oxygène dans de l'eau ne contenant pas de matière organique. Prenons un de ces flacons qui est resté longtemps dans un endroit peu éclairé, et où les Algues se sont déposées. Nous décantons l'eau, nous remplissons le flacon avec de l'eau de fontaine, et nous exposons à la lumière. Nous plaçons à côté un vase semblable avec la même eau, et qui n'a pas reçu d'Algues. Après une journée nous avons examiné le contenu de deux vases ainsi préparés. Nous avons trouvé :

Vase avec Algues : 100^{cc} de liquide contiennent 1^{cc},2 de CO^2
Vase sans Algues : 100^{cc} de liquide contiennent 6^{cc} de CO^2

Si au lieu de doser l'acide carbonique dissous dans l'eau, nous y dosons l'oxygène, nous reconnaissons que dans l'eau éclairée contenant les Algues, l'oxygène existe à saturation, par conséquent d'autant plus abondamment que la température est plus basse.

Pour montrer d'une manière simple cette action oxigénante des Algues, on peut employer la méthode suivante : on prend deux très petits tubes fermés à une extrémité, qu'on remplit d'eau de fontaine, puis on fait tomber dans chacun des tubes quelques petites graines, du cresson par exemple; dans l'un des tubes on ajoute des Algues. On ferme les deux tubes à la lampe, et on les laisse à la lumière. Après quelques jours, les graines du tube sans Algues ne laisseront voir, tout au plus, qu'un commencement de germination, dû à la petite quantité d'oxygène que l'eau tenait en dissolution. Mais dans le tube qui a reçu les Algues la germination se sera effectuée d'une façon bien plus manifeste; en effet, ici les graines auront trouvé à leur disposition d'abord l'oxygène que l'eau tenait en dissolution, et ensuite tout l'oxygène que peut fournir l'acide carbonique dissous dans l'eau, et que les Algues décomposent sous l'influence de la lumière.

Si nous plaçons les mêmes Algues à l'obscurité, nous les verrons effectuer un travail inverse : l'oxygène dissous dans le liquide disparaîtra, il ne se manifestera plus de germination. Prenons encore deux tubes semblables, mais beaucoup plus grands que ceux de l'expérience précédente; remplissons-les d'eau de fontaine, ajoutons quelques graines de cresson à chacun des tubes, et des Algues à l'un des tubes seulement. Fermons à la lampe et

plaçons le tout à l'obscurité. Après quelques jours, nous trouverons des graines germées dans le tube contenant de l'eau sans Algues. Dans le tube contenant les Algues il n'y aura pas trace de germination. Cette fois-ci, les Algues placées à l'obscurité auront désoxygéné l'eau et l'auront rendue impropre à la germination. Dans le tube sans Algues, les graines auront trouvé suffisamment d'oxygène pour commencer leur évolution, si nous leur avons fourni de l'eau en assez grande quantité[1].

Si au lieu d'opérer sur quelques petites graines seulement, on cherche à faire germer un grand nombre de graines, ou bien des graines plus volumineuses, on ne réussit plus en n'employant que de l'eau de fontaine, parce qu'elle ne met pas à la disposition des Algues une quantité d'acide carbonique suffisante. Mais on réussira encore en dissolvant dans l'eau de l'acide carbonique produit artificiellement. Il ne faudra cependant pas dissoudre ce gaz en trop grande quantité, car alors les Algues cessent de produire de l'oxygène. J'ai par exemple disposé une expérience de la façon suivante :

Trois tubes fermés à une de leurs extrémités, de 40 centimètres cubes de capacité, recevaient chacun une égale quantité d'Algues et 0gr,500 de graines de cresson.

Le tube n° 1 recevait de l'eau saturée d'acide carbonique;
— n° 2 — à demi saturée d'acide carbonique;
— n° 3 — saturée au quart.

J'ai fermé les tubes à la lampe et je les ai laissés à la lumière. Après six jours, le tube n° 1 ne contenait pas de graines germées, le n° 2 en contenait quelques-unes, le n° 3 était complètement rempli des jeunes plants de cresson.

Ainsi lorsque l'eau contenait en dissolution une trop grande quantité d'acide carbonique, la fonction chlorophyllienne des Algues était arrêtée. Le même fait a été observé il y a longtemps déjà par M. Boussingault pour les plantes vertes vivant dans l'air, qui, lorsqu'elles étaient placées à la lumière, produisaient moins d'oxygène dans l'acide carbonique pur que dans l'acide carbonique dilué.

1. M. Dehérain, dans son *Cours de chimie agricole*, professé à l'École d'agriculture de Grignon, relate qu'en 1868 un étang s'étant complètement couvert de lentilles d'eau, l'eau qu'elles cachaient à la lumière perdit peu à peu tout son oxygène dissous; les poissons périrent asphyxiés.

On peut faire une curieuse observation en disposant l'expérience de la façon suivante. On place dans deux tubes semblables un poids égal de graines; on remplit l'un des tubes avec de l'eau chargée d'Algues et tenant de l'acide carbonique en dissolution, 1/5 par exemple de son volume; l'autre tube reçoit un peu d'eau ordinaire et est complètement rempli de gaz oxygène; on ferme les deux tubes à la lampe et on les expose à la lumière : c'est dans le tube contenant les Algues qu'on verra la germination se manifester en premier lieu, et c'est encore dans le même tube qu'elle atteindra le plus grand développement. Il semble que l'oxygène qui se dégage des Algues exerce une action plus énergique sur les graines que celui qu'on leur fournit déjà tout formé.

On sait que lorsqu'on place des graines dans l'eau pour provoquer leur germination, elles laissent dissoudre une partie importante de leur matière organique, qui devient la proie de ferments souvent putrides. Si l'eau contenait primitivement des nitrates et des phosphates, les graines, au commencement de leur germination n'en tirent aucun profit; au contraire, les substances minérales favorisent encore le développement de ces ferments, qui vivent au détriment de la substance organique de la graine, et qui arrêtent même très souvent toute germination, sans doute parce qu'ils s'emparent avec avidité de l'oxygène dissous dans l'eau. Mais si nous ajoutons à une pareille eau une petite quantité de nos Algues, et si nous opérons à la lumière, les choses se passeront autrement. Au lieu d'un liquide brun, à odeur repoussante qui baigne les graines, nous aurons un liquide vert, à odeur quelquefois aromatique, et dans lequel les Algues se développent en même temps que les graines; grâce au travail chlorophyllien de ces petits végétaux, l'acide carbonique provenant des ferments est décomposé en ses éléments : le carbone est fixé dans le corps de l'Algue, l'oxygène hâte la transformation de la graine en une jeune plante.

Si nous observons de l'eau tenant en dissolution de l'azotate et du phosphate de potasse, et dans laquelle se trouvent seulement des graines en germination, nous ne pourrons pas, au moins pendant la première période de la germination, constater la transformation de l'azote nitrique en azote organique. Mais si, à côté des graines, cette dissolution de nitrate a reçu quelques semences d'Algues, il sera facile de reconnaître que dans le liquide l'azote organique va en augmentant. Voici par exemple le résultat que

j'ai obtenu avec $0^{gr},500$ de graines de cresson, dans 500^{cc} d'eau tenant en dissolution $0^{gr},500$ d'azotate de potasse et $0^{gr},500$ de phosphate de potasse, et à laquelle j'avais ajouté un poids négligeable d'Algues. Après trois semaines de germination à la lumière, les matières solides en suspension dans l'eau furent recueillies, lavées jusqu'à l'enlèvement des dernières traces de nitrate; séchées et brûlées à la chaux sodée, elles donnèrent $0^{gr},027$ d'azote organique, tandis que les $0^{gr},500$ de graines n'en contenaient primitivement que $0^{gr},017$.

Il y avait donc eu un gain très notable d'azote organique dans le liquide, qui, à côté des graines, avait reçu quelques semences d'Algues.

J'ai profité de la propriété oxygénante des Algues pour construire un petit appareil qui permet de hâter la germination des graines. Je me suis servi d'un verre à boire cylindrique; à $0^{m},01$ ou $0^{m},02$ du bord, j'ai fixé un bouchon plat, percé de trous, formant un faux fond tout près de la surface. Le verre était rempli d'eau chargée d'Algues. Sur le bouchon, qui était recouvert d'une mince couche de liquide, et qui était continuellement traversé par les bulles d'oxygène que les Algues dégageaient sous l'action de la lumière, je plaçais les graines qui devaient germer. En construisant un deuxième appareil absolument semblable au premier, mais ne recevant que de l'eau ordinaire, au lieu de cette eau chargée d'Algues, j'ai pu constater l'effet produit sur la germination par les Algues; j'ai pu mesurer, par exemple, que les Haricots mettaient moitié moins de temps pour former leurs radicelles dans l'eau contenant les Algues, que dans l'eau qui n'avait pas reçu ces végétaux.

Quand on place les Algues dans de l'eau de fontaine, elles fabriquent de l'oxygène sous l'influence de la lumière; on peut faire durer ce travail pendant plusieurs jours, si de temps en temps on ajoute au liquide un peu d'eau saturée d'acide carbonique. On remarque alors que le gaz oxygène qui se dégage, et qui à l'origine était mêlé de beaucoup d'azote, devient de plus en plus pur. J'ai pu ainsi recueillir du gaz, dégagé de l'eau chargée d'Algues, qui contenait 95 p. 100 d'oxygène.

Précipitation du carbonate de chaux. — Les Algues en s'emparant de l'acide carbonique dissous dans l'eau peuvent déterminer des précipitations très considérables de carbonate de chaux. J'ai pu

le constater en me servant d'un petit tube de verre d'un demi-centimètre de diamètre intérieur, contre la paroi interne duquel s'étaient fixées des Algues, sur une longueur de $0^{m},03$ à $0^{m},04$. J'avais relié ce tube au robinet d'une fontaine par un tuyau de caoutchouc, et j'avais bouché avec un tampon en coton l'extrémité du tube engagée dans le caoutchouc. Le suintement de l'eau sur les Algues dura deux mois. L'éclairage était assez vif, l'expérience se faisant en août et septembre.

Les Algues prirent une teinte grise; cependant le dépôt dans le tube allait toujours en augmentant. Il ne me fut pas difficile de reconnaître que les Algues se dissimulaient sous du carbonate de chaux qui se déposait dans le tube. Elles cherchaient à échapper à l'action d'une lumière trop éclatante.

A la fin de l'expérience, je déterminais le poids du calcaire déposé, en le décomposant par de l'acide chlorhydrique étendu; l'acide carbonique dégagé était recueilli dans des tubes à potasse; l'augmentation de poids de ces tubes donnait le poids de l'acide carbonique, et un petit calcul donnait ensuite le poids du carbonate de chaux. Il s'était déposé $0^{gr},227$ de carbonate de chaux.

Cet abondant dépôt de carbonate de chaux provoqué par les Algues, leur permet de braver les rayons solaires les plus ardents. Il m'est arrivé de retrouver une belle végétation d'Algues au fond d'un flacon qui avait été rempli d'une dissolution d'ulmate de chaux[1], et qui était resté sans abri sur une table au milieu du jardin pendant tout l'été. Le liquide était primitivement brun, opaque. Je le retrouvais blanc et translucide. Les Algues étaient au fond, sous une couche de carbonate de chaux; il suffisait de secouer vivement le flacon pour remettre les Algues en suspension dans l'eau qui prenait alors la plus belle teinte verte.

J'ai pu faire une observation du même genre avec un liquide contenant en dissolution les produits provenant de la fermentation du sucre en présence de carbonate de chaux, de nitrate et de phosphate de potasse. Dans ce liquide, sous un soleil ardent, les Algues se développèrent avec une très belle coloration verte, mais elles se dissimulaient sous une couehe grise de carbonate et de phosphate de chaux.

1. L'ulmate de chaux avait été obtenu en traitant de la terre végétale par une dissolution de carbonate de soude. La dissolution brune était filtrée, précipitée par du chlorure de calcium; l'ulmate de chaux formé était lavé par decantation.

Action de la lumière sur les Zoospores des Algues. — Les liquides, dont les couches inférieures sont occupées par les Algues, sont de temps en temps remplis de stries vertes; si avec une pipette on recueille une goutte de ce liquide coloré, et qu'on l'observe au microscope, on reconnaît qu'elle contient un nombre immense de petits organismes ovoïdes verts, qui se meuvent avec vivacité, en se servant de deux ou d'un plus grand nombre de cils vibratiles. Ce sont là les Zoospores émises par les Algues. Elles recherchent la lumière, car elles se dirigent vers la portion la plus éclairée du liquide. J'ai pu faire avec ces Zoospores une curieuse expérience.

Un tube d'essai est noirci extérieurement sur une flamme fumeuse; avec un stylet je trace des caractères, un dessin, sur le noir de fumée. Je remplis le tube avec le liquide chargé des Zoospores, et je l'expose à la lumière pendant une ou deux heures. Je vide ensuite le tube, et j'enlève le noir de fumée. Les caractères tracés sur le noir de fumée seront exactement reproduits en vert par les Zoospores à l'intérieur du tube; les Zoospores se seront fixées partout où la lumière aura pu entrer dans le liquide. On peut rincer le tube avec de l'eau sans effacer ces caractères; ils se sont maintenus d'une année à l'autre dans un tube sec conservé à l'obscurité, et dans un autre tube rempli d'eau et placé à la lumière diffuse.

En variant la disposition de cette expérience, on peut montrer que les Zoospores, une fois fixées, ne se déplacent plus, même sous l'influence de la lumière. Prenons une éprouvette à pied, dont nous entourons le cylindre d'une lame de clinquant; nous pratiquons avec un couteau une fente dans l'enveloppe de métal. Remplissons l'éprouvette avec le liquide à Zoospores, et exposons à la lumière. Après une heure nous pourrons voir la fente du clinquant reproduite exactement à la surface interne du verre. Faisons tourner l'enveloppe de 180° sur le cylindre de verre, et remettons à la lumière. Après une heure, si nous enlevons le clinquant, nous retrouvons notre première raie verte sans changement; une deuxième raie verte sera tracée en face de la première, à la place qu'avait occupée en dernier lieu la fente du clinquant.

Il était intéressant de voir quelle est l'influence des radiations solaires de différentes couleurs sur la fixation des Zoospores. Je me suis servi de tubes d'essai extérieurement couverts d'un enduit

noir, sur lesquels j'avais tracé avec une pointe d'acier une ligne suivant toute la longueur des tubes. Après avoir rempli les tubes avec le liquide à Zoospores, je les plaçai dans des verres contenant des dissolutions de différentes couleurs. Ils plongeaient dans les liquides de la moitié de leur hauteur. Le rouge était obtenu avec du carmin, le jaune avec du bichromate de potasse, le vert avec de l'acide chromique réduit par l'alcool chlorhydrique, le bleu avec le sulfate de cuivre. Les vases étaient exposés à la lumière diffuse pendant quatre heures. Après cet espace de temps je constatai que dans les parties des tubes émergeant des liquides colorés, les dépôts s'étaient formés. Les dissolutions rouge, jaune, verte avaient empêché le dépôt de s'effectuer, mais dans le bleu on voyait un dépôt très net.

Influence du milieu extérieur sur le mouvement des Zoospores. — Les Zoospores se répandent, comme nous l'avons dit, par essaims dans les liquides, en y formant des stries vertes. En faisant pénétrer une pipette dans une des stries, nous pouvons facilement aspirer un volume déterminé de ce liquide vert, 1 centimètre cube par exemple. Si nous l'étendons en y ajoutant de l'eau, de facon à en faire 100^{cc}, et que nous en portions une goutte sous le microscope, nous retrouvons nos Zoospores au nombre de 10 ou de 20, et animées de mouvements rapides dans tous les sens.

Au lieu de répandre les Zoospores dans de l'eau ordinaire nous les avons mélangées avec des dissolutions de nature très diverses, pour voir si leur mouvement persistait.

Elles continuent à se mouvoir dans l'eau distillée, même après un séjour de quatre heures.

De l'eau contenant 5 p. 100 d'alcool les arrête de suite; elles continuent à s'agiter dans l'eau à 2,5 p. 100 d'alcool (en volume).

Une dissolution contenant 1/2 p. 100 de carbonate d'ammoniaque les arrête instantanément; si elle est à 1/4 p. 100, elles se meuvent encore pendant un quart d'heure.

L'eau contenant 1 p. 100 de sulfate d'ammoniaque ne les a pas arrêtées; avec 2 p. 100 de phosphate d'ammoniaque je les ai encore trouvées en mouvement après quarante-huit heures; l'eau saturée de sulfate de chaux ne leur fait rien.

L'azotate d'ammoniaque à 1 p. 100 ne les arrête pas.

Une dissolution de 1/2 p. 100 de borate de soude les a arrêtées

presque instantanément. Une trace de tannin dans le liquide a produit le même résultat.

Ces organismes sont excessivement sensibles à l'action des acides minéraux ou organiques. J'ai vu leur mouvement s'arrêter dans des dissolutions d'acides sulfurique, chlorhydrique, nitrique, acétique, tartrique, citrique, quand 100^{cc} du liquide contenaient une quantité d'acide correspondant à $0^{gr},003$ d'acide sulfurique anhydre.

Le mouvement des Zoospores est moins influencé par les alcalis caustiques; de l'eau contenant moins de $0^{gr},06$ d'ammoniaque p. 100 ne les arrête pas; par la potasse, elles sont arrêtées quand l'eau en contient plus de $0^{gr},03$ p. 100.

Les Zoospores résistent assez bien au sulfate de zinc, elles s'agitent dans une dissolution à $0^{gr},10$ p. 100, mais elles s'arrêtent quand il y en a $0^{gr},25$ p. 100.

L'arrêt est instantané dans une dissolution de sucre à 10 p. 100; le mouvement continue quand il n'y a que 5 p. 100 de sucre.

L'action d'une dissolution saturée d'acide carbonique est remarquable; l'arrêt ne se produit qu'au bout de quelque temps; j'ai compté trois minutes; mais l'engourdissement est seulement momentané, quand l'acide gazeux se dissipe, la vie revient.

J'ai fait la même observation avec le chloroforme.

Il en est tout autrement avec le sulfure de carbone et avec la dissolution d'hydrogène sulfuré. L'eau agitée avec du sulfure de carbone les a arrêtées pour toujours; il en a été de même d'une dissolution saturée d'hydrogène sulfuré, étendue de quatre fois son volume d'eau. Cependant quand la dissolution était étendue de huit fois son volume d'eau, le repos n'était que momentané; après cinq minutes le mouvement avait repris.

Le repos est instantané avec des traces d'iode, de nitrate d'argent.

J'ai en dernier lieu examiné l'action de la chaleur sur le mouvement des Zoospores, en les plaçant avec leur liquide dans des petits tubes d'essai que je portais au bain-marie. J'ai vu qu'à 40°, elles continuaient à s'agiter; à 44° elles étaient tombés au fond du tube, et ne s'agitaient plus sous le microscope. J'ai pu remarquer que chaque fois que les Zoospores sont tuées, comme par le nitrate d'argent ou par un acide, elles tombent au fond du vase.

Les Algues empêchent les fermentations putrides. — L'examen

au microscope nous a permis de constater que les Zoospores des Algues résistent à une dissolution diluée d'hydrogène sulfuré et aussi de sels ammoniacaux; les Algues elles-mêmes continuent à vivre dans de pareilles dissolutions. Je le constatai en faisant les expériences suivantes :

Je me servais d'un liquide entrant promptement en fermentation putride, comme de l'eau qui a séjourné quelques jours sur des graines, des haricots par exemple. Je remplissais deux flacons avec ce liquide, à l'un d'eux j'ajoutais les Algues et je les laissais à la lumière. Après quelques jours le flacon sans Algues répandait une odeur infecte, que je ne retrouvais plus dans le flacon avec les Algues.

Je prenais ensuite le flacon qui produisait la mauvaise odeur, j'en répartissais le contenu dans deux flacons, dont l'un recevait les Algues. Après quelques jours d'exposition à la lumière, l'odeur putride avait disparu dans le flacon qui avait reçu les Algues; à la place je constatais quelquefois un parfum aromatique, provenant de ces petits végétaux.

Mais ces expériences ne réussissent que si l'on opère avec des liquides qui ne sont pas trop chargés de matières organiques; quand les infusions de haricots dans lesquelles je plaçais les Algues étaient trop épaisses, elles tombaient inertes au fond du flacon, et leur travail oxygénant ne recommençait que lorsqu'on étendait suffisamment le liquide.

Ces plantes peuvent se maintenir en vie dans un milieu privé artificiellement de l'oxygène gazeux. Je m'en suis assuré en faisant bouillir dans un matras de l'eau à laquelle j'avais ajouté quelques millièmes de sels minéraux (principalement du phosphate et du nitrate de potasse). L'ébullition devait expulser du ballon tout l'oxygène gazeux. Pendant le refroidissement je n'ai laissé rentrer dans le ballon que de l'acide carbonique. J'ajoutais quelques Algues, je bouchais le matras et je laissais exposé à la lumière; les Algues se sont maintenues vertes pendant tout une saison.

Action des Algues sur les nitrates et sur les sels ammoniacaux. — Les Algues exposées à la lumière dans de l'eau de fontaine, même quand on y ajoute de temps en temps de l'acide carbonique, s'épuisent au bout d'un certain temps, tombent au fond du flacon, se décolorent, prennent une odeur putride, en devenant la proie des ferments; mais on peut entretenir leur vie, on peut obtenir un

rapide développement de ces végétaux, si l'on dissout dans l'eau des sels minéraux contenant principalement de l'azote et de l'acide phosphorique. Je me servais ordinairement d'une dissolution contenant pour un litre d'eau de fontaine :

Azotate de potasse	1 gramme
Phosphate de potasse	1 —
Sulfate de magnésie	1 décigr.

J'ai obtenu un beau développement d'Algues en disposant l'expérience de la façon suivante :

Deux à trois litres de la précédente dissolution étaient versés dans un flacon muni d'un robinet à la partie inférieure. Sous le robinet se trouvait un petit entonnoir dont la douille était bouchée avec de l'ouate ; dans l'entonnoir se trouvait une couche de $0^m,05$ d'épaisseur de sable siliceux, préalablement calciné au rouge afin de détruire toute matière organique.

La dissolution minérale coulait goutte à goutte sur le sable, on faisait durer l'écoulement de tout le liquide environ vingt-quatre heures, et on reversait alors le liquide dans le flacon supérieur. Le sable avait été ensemencé d'une quantité d'Algues impondérable.

L'entonnoir était à 3 mètres d'une fenêtre, et recevait les rayons du soleil pendant quelques heures de la journée. Je maintenais la dissolution à peu près toujours au même degré de concentration. Au bout de cinquante jours, quand je terminai l'expérience, le sable était devenu vert ; je le versai dans une grande quantité d'eau, pour en séparer le mieux possible les Algues ; celles-ci furent recueillies sur un filtre et séchées à 100°, ainsi que le sable. En brûlant les Algues dans la chaux sodée j'obtins un dégagement d'ammoniaque correspondant à $0^{gr},041$ d'azote. Le sable pesait sec 80 grammes ; il s'était enrichi pendant cette expérience d'un demi-millième de son poids d'azote organique.

L'addition de 1 à 2 millièmes de nitrates ou de sels ammoniacaux à un liquide éclairé renfermant des Algues, y produit un verdissement manifeste. Si, après quelques jours, on recherche l'acide nitrique dans le liquide, on voit qu'il a diminué, et si on attend assez longtemps, on reconnaît qu'il disparaît totalement. Il en est de même de l'ammoniaque.

Mais si le flacon contenant des Algues et des nitrates, au lieu d'être à la lumière est placé dans l'obscurité, les choses se passent

autrement, on trouve toujours qu'il se fait de l'ammoniaque dans le liquide; les Algues tombent au fond du flacon, tout en gardant leur couleur, mais le liquide lui-même ne conserve pas la coloration verte qu'il aurait eue s'il était resté à la lumière. Il semble qu'à l'obscurité les Algues, ne dégageant plus d'oxygène, d'autres organismes, qui préexistaient dans le liquide exercent une action réductrice sur les nitrates; à la lumière cela ne peut pas avoir lieu, puisque le liquide y est toujours saturé d'oxygène.

Parmi de nombreuses expériences que j'ai faites sur l'absorption de l'acide nitrique par les Algues à la lumière, je citerai un essai exécuté avec l'eau de la Bièvre, puisée derrière les jardins du Muséum. A cet endroit la Bièvre est un égout à eaux stagnantes, noires, infectes; une goutte sous le microscope laisse voir les organismes les plus divers; cette eau distillée avec la magnésie donne de l'ammoniaque en quantité notable.

J'avais versé 3 litres de cette eau dans un flacon, j'avais ajouté 3 grammes de nitrate de potasse, et quelques Algues. Quand je versais un peu de ce liquide dans la dissolution de sulfate de protoxyde de fer dans l'acide sulfurique, il se produisait l'anneau rouge, la réaction caractéristique de l'acide nitrique. Le flacon resta exposé pendant cinq mois à la lumière; après cet espace de temps il s'était formé sur le fond du flacon un dépôt vert; l'eau qui était primitivement brunâtre et à mauvaise odeur, était devenu blanche, transparente, inodore. Le liquide ne donnait plus trace de coloration rouge avec le sulfate de protoxyde de fer dans l'acide sulfurique, même si je le concentrais de façon à n'occuper que la vingtième partie de son volume; or je m'étais assuré par une expérience préalable que lé réactif que j'employais me permettait de reconnaître le nitrate de potasse quand l'eau n'en contenait que 1/5000 de son poids. Les Algues avaient pris l'acide nitrique en totalité; le liquide qui les recouvrait avait une réaction alcaline, due au carbonate de potasse qui s'était formé; mais ces végétaux ne redoutent pas les dissolutions faiblement alcalines, nous avons vu plus haut que leurs Zoospores qui sont si sensibles aux acides, supportent relativement bien les alcalis. Je fis en dernier lieu le dosage avec la chaux sodée de l'azote organique des Algues, et je retrouvais à peu près l'azote qui existait dans le nitrate de potasse.

Comme toutes ces expériences ont été faites avec les Algues microscopiques qui se développent dans des liquides contenant en

dissolution les matières organiques provenant de graines, je me suis demandé si la disparition de l'acide nitrique n'était peut-être pas due à d'autres organismes qui existent dans ces liquides, et qui accompagnent toujours les Algues quelque soin qu'on mette à les laver. J'ai alors puisé dans un bassin dont l'eau se renouvelle souvent, de ces longues Algues vertes, constituées de filaments très fins, partagés par des cloisons transversales, et qui ne forment qu'une seule rangée de cellules[1]. Je les ai immergées dans la dissolution du mélange minéral contenant le nitrate de potasse : j'ai trouvé que le liquide, malgré l'évaporation, allait avec le temps en s'appauvrissant en acide nitrique; il a même fini par ne plus en contenir du tout.

Les Algues absorbent l'acide nitrique pour en faire entrer l'azote dans une matière organique. En effet nous avons vu plus haut que des Algues vivant dans une dissolution de nitrate de potasse, ont converti en deux mois un sable stérilisé en un sable contenant 1/2 p. 1000 d'azote organique; que dans l'eau de Bièvre elles avaient converti en azote organique tout l'azote nitrique qu'on leur avait fourni.

J'ai pu produire une belle végétation d'Algues dans de l'amidon cuit, additionné de sels minéraux contenant des nitrates. Ces plantes séchées à 100°, et incinérées dans la chaux sodée, ont donné 5,2 p. 100 de leur poids d'azote engagé dans une matière organique.

J'ai pu constater que des Algues, qui s'étaient développées dans un liquide pauvre en substances nutritives, augmentèrent rapidement leur teneur en azote organique, quand elles furent immergées dans un liquide plus riche. C'étaient des *Cladophora* puisées dans un bassin dont l'eau se renouvelle souvent; comme elles étaient très chargées de calcaire adhérent à leur paroi extérieure, je les ai lavées à l'acide chlorhydrique étendu; séchées et analysées avec la chaux sodée, elles donnaient 1,2 p. 100 d'azote.

D'autres *Cladophora*, puisées en même temps, furent placées dans la dissolution de sels minéraux avec nitrates. Après quinze jours, elles furent lavées à l'acide chlorhydrique, séchées et analysées : elles donnèrent 1,7 p. 100 d'azote.

1. M. Bornet a eu la bonté de les examiner et a reconnu que c'étaient des Cladophora.

J'ai même pu m'assurer qu'il existe de l'acide nitrique dans les cellules de ces végétaux, car après les avoir lavés jusqu'à ce que l'eau de lavage n'ait plus contenu d'acide nitrique, si je les fais bouillir dans l'eau distillée, je trouve encore dans cette eau de petites quantités d'acide nitrique.

CONCLUSIONS

Les Algues que j'ai observées ne sont que des végétaux microscopiques; mais étant excessivement répandues dans la nature, leur rôle est très important.

Sous l'action de la lumière, elles décomposent activement l'acide carbonique dissous dans l'eau, s'emparent du carbone, mettent de l'oxygène en liberté, qui sature l'eau, et se répand dans l'air.

En décomposant le bicarbonate de chaux dissous dans l'eau, elles forment des dépôts calcaires.

Pouvant vivre dans les liquides neutres ou un peu alcalins, elles sont capables d'entrer en lutte avec les ferments putrides, et comme, sous l'action de la lumière, elles dégagent de l'oxygène, elles peuvent s'opposer ou même arrêter la putréfaction.

La lumière est absolument nécessaire à leur développement, et à leur reproduction par Zoospores.

Les Algues s'emparent rapidement de l'acide nitrique et de l'ammoniaque dissous dans l'eau, quand elles sont éclairées; à l'obscurité les liquides chargés d'Algues produisent de l'ammoniaque.

Cette dernière observation permet peut-être de nous expliquer la présence de l'ammoniaque dans l'eau de la mer, et même dans l'air (si toutefois, les Algues marines se comportent comme les Algues que nous avons observées). Les fleuves amènent dans la mer d'immenses quantités de nitrates; les Algues qui vivent en abondance à la surface ou dans les portions éclairées de la mer, s'assimilent ces nitrates et fabriquent de la matière azotée; mais quand elles meurent et tombent dans les profondeurs, loin de toute lumière, elles se décomposent et l'azote organique qu'elles ont formé avec l'azote nitrique que les fleuves amènent à la mer passe à l'état d'ammoniaque, qui se diffuse d'abord dans l'eau puis dans l'atmosphère. Les Algues sont peut-être l'intermédiaire nécessaire à la transformation qui se produit constamment dans la mer de l'azote nitrique en azote ammoniacal.

SUR LA CONDENSATION DE L'ALDÉHYDE FORMIQUE

PAR

OSCAR LŒW[1]

L'étude de l'aldéhyde formique CH^2O est devenue du plus haut intérêt pour la physiologie végétale, le jour où Baeyer a considéré cette substance comme le premier produit de réduction de l'acide carbonique dans la cellule à chlorophylle. On conçoit, en effet, que ce corps, isomérique des glucoses, puisse donner naissance, par simple polymérisation, d'abord aux matières sucrées, puis à l'amidon, à la cellulose, et, en général, à tous les hydrates de carbone. Dès lors, tous les principes immédiats du règne végétal deviennent des dérivés de l'aldéhyde méthylique : aussi nombre de travaux ont-ils été entrepris dans le but de reproduire, au laboratoire, une semblable condensation.

Après que Würtz eût montré, en 1872, que l'aldéhyde acétique se transforme en aldol au contact de l'acide chlorhydrique étendu, que l'aldol lui-même se polymérise spontanément et se change en paraldol, qui est à l'aldol ce que la paraldéhyde est à l'aldéhyde ordinaire, il était à espérer que la même réaction pourrait être reproduite avec l'aldéhyde formique, et que l'on arriverait de cette manière à obtenir successivement les aldéhydes glycolique, glycérique, etc.; c'est-à-dire toutes les monaldéhydes des polyalcools, et peut-être l'aldéhyde mannitique elle-même, la glucose ou un isomère. Malheureusement l'acide chlorhydrique est sans action, et il en est de même de l'acide acétique, de l'acide phosphorique, du carbonate de potasse, du cyanure de potassium, qui cependant transforment l'aldéhyde benzylique C^7H^6O en benzoïne $C^{14}H^{12}O^2$. Enfin le zinc, qui a permis à M. Riban de condenser les aldéhydes en corps plus complexes qu'il nomme les *aldanes*, n'a pas donné de résultat plus satisfaisant, et, jusqu'à ce jour, on ne connaissait que deux dérivés par condensation de l'aldéhyde méthylique : le trioxyméthylène $C^3H^6O^3$, qui se forme spontanément dans les dissolutions

1. *Journal für pract. Chemie*, 1886.

d'aldéhyde formique[1], et le méthylénitane $C^7H^{14}O^6$, que Boutlerow a obtenu en attaquant le corps précédent par la baryte hydratée. Inutile de rappeler que ces deux substances n'ont rien de commun avec les sucres que l'on se proposait d'obtenir.

M. Oscar Lœw vient de reprendre cette question et il a réussi, en perfectionnant la méthode de Boutlerow, à préparer un corps qui possède la composition et les principales propriétés des glucoses.

L'auteur recherche d'abord un mode de préparation avantageux de l'aldéhyde formique, et il propose de remplacer la mousse de platine qu'employait Tollens par le cuivre incomplètement oxydé. L'appareil qu'il emploie consiste en un flacon de un demi-litre de capacité, à moitié rempli d'alcool méthylique, où l'on envoie un fort courant d'air à l'aide d'une trompe; les gaz passent ensuite sur une toile en gros fils de cuivre enroulée sur une longueur de 5 centimètres environ dans un tube en verre de Bohême; ce tube communique enfin avec un flacon vide et deux laveurs à eau où l'aldéhyde méthylique vient se condenser par refroidissement. Lorsqu'on chauffe la partie du tube qui renferme le cuivre, celui-ci devient incandescent, et l'appareil fonctionne de lui-même sans aucune surveillance ni dangers d'explosion. On arrive ainsi à obtenir des solutions d'aldéhyde formique à 15 et même 20 p. 100[2].

Pour transformer ensuite cette aldéhyde en sucre, l'auteur étend sa dissolution jusqu'à ce qu'elle ne renferme plus que 3,5 p. 100 d'aldéhyde, puis il l'additionne de lait de chaux en excès, il agite fortement et filtre après une demi-heure de contact; le liquide obtenu, qui doit être saturé de chaux, est alors abandonné à lui-même pendant cinq à six jours; l'odeur piquante de l'aldéhyde méthylique doit avoir disparu, et le liquide doit réduire rapidement la liqueur de Fehling. On neutralise alors par l'acide oxalique, on filtre, et on évapore le produit jusqu'à consistance sirupeuse, on reprend par l'alcool fort, qui détermine bientôt une cristallisation

1. La formule de ce composé correspond à la paraldéhyde formique, mais il ne nous paraît pas absolument démontré que ce corps soit en C^3; sa faible volatilité et ses rapports étroits avec l'hexaméthylèneamine $C^6H^{12}Az^4$ tendraient plutôt à faire admettre une formule double; le trioxyméthylène deviendrait ainsi un isomère des glucoses, mais avec cette différence essentielle que, au lieu d'être soudés les uns aux autres comme dans les sucres, les six atomes de carbone du trioxyméthylène sont séparés par un atome d'oxygène.

2. Le dosage de l'aldéhyde formique s'effectue en évaporant ses dissolutions en présence d'un excès d'ammoniaque et pesant le résidu d'hexaméthylèneamine formée (Legler).

de formiate de chaux, on filtre et on évapore de nouveau, enfin on répète plusieurs fois le traitement à l'alcool pour séparer entièrement le formiate de chaux.

On obtient ainsi un sirop incolore, incristallisable, fortement sucré et parfaitement neutre aux réactifs colorés; son pouvoir réducteur sur la liqueur de Fehling est environ les neuf dixièmes de celui de la dextrose.

A l'analyse, ce corps a donné les résultats suivants :

	Trouvé.			Calculé pour $C^6H^{12}O^6$.
Carbone	40.08	40.17	40.23	40.00
Hydrogène	6.96	6.95	6.99	6.66

Cette substance est donc un isomère des glucoses : l'auteur propose de la nommer *formose*.

Maintenue à 120° pendant quelques jours, la formose perd H^2O et se change en une substance amère qui ne semble plus pouvoir régénérer la formose par hydratation. L'analyse de cet anhydride a donné :

	Trouvé.	Calculé pour $C^6H^{10}O^5$.
Carbone	44.50	44.44
Hydrogène	6.13	6.17

L'acide sulfurique très étendu n'agit pas; à l'état concentré il brunit peu à peu la formose, même à froid.

L'acide chlorhydrique concentré et chaud donne des produits ulmiques; à ce point de vue la formose paraît être aussi altérable que la lévulose ou le sucre de canne, moins sensible par conséquent que la dextrose.

Les alcalis agissent plus facilement encore que sur la dextrose : il se produit une coloration brune, et les propriétés réductrices disparaissent peu à peu.

La formose empêche, comme les sucres, la précipitation de l'oxyde de cuivre par les alcalis; le liquide bleu qu'on obtient ainsi laisse bientôt précipiter, même à froid, de l'oxydule rouge de cuivre.

L'acétate de plomb précipite seulement en présence d'ammoniaque; le précipité jaunit par la chaleur; il est soluble dans beaucoup d'eau et précipitable par l'alcool de ses solutions aqueuses; on a pu obtenir, de cette manière, une combinaison voisine de $C^6H^{10}O^6Pb$.

L'alcoolate de baryte donne, avec les solutions alcooliques de formose, un composé qui répond à la formule $C^6H^{12}O^6BaO$.

Avec le sel marin on a obtenu une combinaison cristallisée analogue à celle que donne la dextrose.

L'hydrogène naissant dégagé de l'amalgame de sodium n'a produit ni mannite ni dulcite, mais bien un corps amorphe qui présente la composition $C^6H^{12}O^5$ d'un anhydride mannitique.

L'oxydation par l'acide nitrique ou le brôme transforme la formose en acide oxalique et quelques autres acides qui n'ont pu être encore déterminés exactement; on a constaté seulement l'absence de l'acide mucique.

Chauffée à 100° avec de l'anhydride acétique, la formose se comporte exactement comme les autres glucoses : elle donne un dérivé amorphe, très amer et peu soluble dans l'eau froide, absolument semblable au triacétylglucose.

Le permanganate et le mélange chromique réagissent vivement à chaud.

Le ferricyanure de potassium se change en ferrocyanure, le chlorure ferrique en chlorure ferreux; le sous-nitrate de bismuth additionné de carbonate de soude noircit rapidement; le chlorure d'or, le nitrate de palladium, les solutions ammoniacales d'argent et l'iodomercurate de potassium sont réduits à l'état métallique.

L'acide picrique donne, comme avec les autres glucoses, une belle coloration rouge; en présence du carbonate de potasse, le carmin d'indigo est décoloré.

Chauffée avec une solution alcoolique de résorcine et un peu d'acide chlorhydrique, la formose donne une coloration rouge rubis; avec le pyrogallol en solution aqueuse on obtient une réaction analogue[1].

Le sucre de canne ou la lévulose au contact d'une dissolution alcoolique de diphénylamine chaude et acidulée par l'acide chlorhydrique, donnent une coloration jaune verdâtre, qui, finalement, devient bleu foncé (réaction de Ihl et Pechmann); dans les mêmes conditions, la formose se colore rapidement en violet brun.

La phénylhydrazine donne la réaction de Fischer avec une dis-

1. On sait que Ihl et Pechmann ont récemment fondé sur l'emploi des phénols quelques réactions caractéristiques des sucres : en présence de l'acide chlorhydrique, les phénols polyatomiques comme la résorcine ou le pyrogallol donnent une coloration rouge vif avec le sucre de canne, rouge jaune avec les différentes variétés de glucoses.

solution concentrée de formose[1] : on obtient des aiguilles jaunes de phénylformosazone qui, après une nouvelle cristallisation dans l'alcool aqueux, renferment $C^{18}H^{22}Az^{4}O^{3}$. Les composés fournis par la dextrose, la lévulose et la galactose, présentent, d'après Fischer, la composition très voisine $C^{18}H^{22}Az^{4}O^{4}$.

Tous ces caractères sont, comme on le voit, presque identiques à ceux des glucoses; M. Lœw a essayé, en outre, sur son produit, l'action de ferments divers : la levure de bière n'a donné aucun résultat; l'infusion de foin, additionnée de 1 p. 100 de peptone, de un millième de phosphate de potasse et de carbonate de chaux précipité, a provoqué une fermentation très lente avec production d'acide lactique et d'acide succinique.

Les moisissures, après trois semaines, ont détruit la moitié de la formose employée; le liquide, décoloré par le noir animal, présentait alors, au polarimètre, une rotation droite de 5° environ, tandis qu'au début il était absolument inactif; il semble donc que l'action des mycodermes soit de dédoubler la formose, inactive sans doute par compensation, en deux produits actifs qui sont ensuite détruits en proportion inégale. On sait que MM. Pasteur et Le Bel ont réussi, de cette manière, à faire apparaître le pouvoir rotatoire chez des substances qui, comme l'acide paratartrique ou le propylglycol secondaire, semblaient en être dépourvues.

La formose se rapproche donc, sous le rapport de la fermentation, de la sorbine, de la galactose ou de l'eucalyne qui sont, comme elle, insensibles à l'action de la levure, mais qui se transforment en acide lactique sous l'influence des bactéries.

L'auteur compare ensuite la formose à la phénose synthétique de Carius, et il constate que ce dernier corps, isomère aussi des glucoses et incapable de fermenter, est beaucoup plus éloigné des sucres que la formose; il est même porté à croire que la phénose renferme un noyau benzénique. Puis, examinant la méthylènitane de Boutlerow, M. Lœw montre que ce corps est un dérivé de la formose; il a pu en effet le reproduire en chauffant au bain-marie un sirop concentré de formose avec un excès d'hydrate de baryte; on

1. Cette réaction, caractéristique des sucres réducteurs, se produit en chauffant un mélange de glucose quelconque avec du chlorhydrate de phénylhydrazine $C^{6}H^{8}Az^{2}$,HCl et de l'acétate de soude, en dissolution dans l'eau; il se précipite bientôt des aiguilles jaunes, peu solubles, qui constituent la *phénylglucosazone*, la *phényllactosazone*, etc

obtient en même temps que la méthylènitane une certaine quantité d'acide lactique qui a été caractérisé par son sel de zinc.

La méthylènitane ainsi obtenue est amère, incristallisable, sans action à froid sur le carbonate de chaux, mais sous l'influence de la chaleur elle en dégage rapidement de l'acide carbonique, à la façon des lactones. Sa composition, d'après Tollens, est $C^6H^{10}O^5$ et non $C^7H^{14}O^6$ comme l'avait annoncé Boutlerow.

Toutes ces propriétés rappellent la saccharine de Péligot, qui, ainsi que l'a démontré Kiliani, est la lactone d'un acide alcool de formule $C^6H^{12}O^6$; dès lors Lœw considère la méthylènitane comme la saccharine de la formose.

L'auteur fait suivre ensuite cet exposé, qui offre le plus grand intérêt au point de vue chimique, de considérations théoriques sur le rôle de l'aldéhyde formique dans la végétation ; il rappelle que les plantes contiennent dans leurs tissus des composés méthyliques tout formés, tels que l'esprit de bois[1] ou l'acide formique, mais il fait observer que s'il est vrai que l'aldéhyde formique est la matière première des hydrates de carbone et des albuminoïdes, elle doit être utilisée immédiatement, car toutes les aldéhydes sont, même à doses très faibles, absolument funestes à la végétation; il n'y a donc guère d'espoir de trouver cette substance en nature dans les plantes, bien que Reinke ait obtenu, en distillant des feuilles avec de l'eau, quelques gouttes d'un liquide qui réduit le nitrate d'argent ammoniacal[2].

Enfin M. Lœw est d'avis que l'on doit considérer dans les végétaux deux espèces différentes de protoplasma : l'un, coloré en vert, constitue le grain de chlorophylle, et a pour but de fournir à la plante l'aldéhyde formique qui constitue la base de son alimentation; le second, incolore, utilise cette matière en la polymérisant, et effectue avec elle la synthèse de la cellulose et des matières azotées. Plus sensible que l'autre aux influences extérieures, le protoplasma vert meurt le premier, aussitôt que la plante se trouve placée dans des conditions défavorables à son développement : la fonction chlorophyllienne disparaît avant la fonction de respiration, de même que chez les micro-organismes la fonction ferment peut disparaître sous l'action de la chaleur, par exemple, sans que la vie elle-même ou la reproduction de chaque individu en soit affectée.

1. *Ann. agron.*, t. XII, p. 113.
2. *Ibid.*, t. VIII, p. 311.

BIBLIOGRAPHIE

Cours complet de viticulture, par G. Foex, directeur de l'École de Montpellier. Masson, 1886. — C'est toujours une bonne fortune pour le lecteur de rencontrer un ouvrage écrit par un auteur qui a passé sa vie à étudier le sujet qu'il traite. On acquiert par la pratique constante des choses, une autorité, une connaissance approfondie que ne donnent jamais des études hâtives, même lorsqu'elles sont faites par des esprits distingués.

L'ouvrage de M. Foex débute par une histoire de la viticulture dans les diverses parties du monde : en 1865, avant que le phylloxéra eut exercé ses ravages, la France seule avait 2500000 hectares de vignes, « c'est-à-dire plus de la moitié de la surface cultivée dans le monde entier ». Si l'on joint à la France, l'Algérie, puis l'Espagne et l'Italie, dont la production devient considérable, on voit que c'est le sud-ouest de l'Europe qui reste chargé d'approvisionner de vin les autres parties du monde, et il est probable que, lorsque la fougue protectionniste qui sévit actuellement se sera dissipée, on reconnaîtra qu'il y a grand avantage à spécialiser les productions, et l'Europe trouvera dans sa viticulture développée, de quoi payer les grains que la région méridionale produit mal et à prix trop élevé.

La seconde partie du cours de viticulture comprend l'ampélographie, on y étudie particulièrement les *vitis* des différents pays, et notamment les vignes américaines ; nos cépages français sont l'objet d'une description précise et étendue, mais des chapitres sont consacrés, en outre, aux cépages du Portugal, d'Espagne, d'Italie, de Grèce, de Hongrie et d'Autriche, ainsi qu'aux raisins de table dont le commerce tend à se répandre. Peut-être cette division de l'ouvrage est-elle un peu écourtée, notamment en ce qui concerne l'Italie, qui produit des muscats délicieux, bien supérieurs à notre chasselas, et qu'il y aurait intérêt à propager en Algérie, qui pourrait les expédier comme fruits précoces avec grand profit.

Dans la troisième partie de son ouvrage, M. Foex traite de la viticulture générale. Après avoir parlé de la nutrition de la plante, il passe en revue l'influence qu'exercent sur les produits la nature du sol, du climat, de l'altitude, de l'exposition ; il s'occupe ensuite de la multiplication soit par graines, soit par bouturage, soit par provignage il aborde enfin le chapitre si important aujourd'hui du greffage, et donne des indications précises sur la manière de procéder pour assurer la reprise des greffons.

Un des chapitres de cette troisième partie est consacré à la préparation du sol, un autre à la question si discutée de la taille, puis arrive la description des terribles ennemis de la vigne et des efforts tentés pour les combattre. L'auteur a naturellement beaucoup étendu le chapitre consacré au phylloxéra, dont les ravages menacent aujourd'hui l'Algérie ; il discute l'emploi du sulfure de carbone, des sulfocarbonates, de la submersion, de la plantation dans les sables, enfin, arrivant à l'étude des vignes américaines, il expose les relations entre l'organisation des racines des vignes et leur résistance au phylloxéra, relation qu'il a établi lui-même dans un travail resté justement célèbre.

Cette partie se termine par un exposé des lois et règlements relatifs au phylloxéra dans divers pays.

La cinquième et dernière partie du livre de M. Foex porte le titre de « Viticulture comparée » ; il y passe en revue les modes de traitement de la vigne dans les diverses régions viticoles françaises : Languedoc, Provence, Beaujolais, Bourgogne, Champagne, Bordelais, Charente ; des cartes, coloriées pour indiquer la constitution géologique des régions, permettent de voir sur quels terrains sont situés les crus les plus renommés ; l'auteur donne à l'aide de nombreuses figures des spécimens des divers systèmes de taille usités en France, pour les vignobles et pour les vignes en treille, qui sont conduites de tant de façons différentes.

Il était utile que de l'École de Montpellier, qui a tant fait pour reconstituer le vignoble français, sortît un ouvrage sur la culture à laquelle elle a rendu de si éminents services. Nous ne devons pas oublier en France, que c'est de l'Hérault qu'est venu le traitement de l'oïdium par le soufre, que c'est dans ce même département qu'on a tracé l'histoire du phylloxéra, et qu'enfin c'est encore de l'Hérault qu'est parti l'emploi des vignes américaines, grâce auxquelles nous pouvons braver les ravages du terrible insecte. Le livre de M. Foex est un nouveau service rendu à la viticulture française, par cette région qui a si bien mérité d'avoir sa brillante et laborieuse École d'agriculture.

REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Physiologie végétale.

Sur les ferments, par M. A. HANSEN[1]. — L'auteur recherche les ferments dans le latex de différentes espèces. Les ferments n'y existent pas toujours : on ne les a pas trouvés, par exemple, chez les Euphorbiacées, chez la Grande Eclaire, le *Ficus elastica*, les *Scorzonera* et *Taraxacum*, dans le suc frais du pavot somnifère et dans un extrait d'opium par la glycérine. Le latex du Figuier (*Ficus Carica*) renferme au contraire des principes qui dans leur ensemble produisent quatre actions fermentatives différentes, une pepsique en présence des acides, une autre pepsique en présence des alcalis : une diastasique et une dernière qui a pour résultat de précipiter la caséine. Des quantités considérables de fibrine, 20 à 100 grammes par exemple, gonflée préalablement dans l'acide chlorhydrique à 0,2 p. 100, traitées à 40° C. par 2 à 3 centimètres cubes de ce latex, se dissolvent au bout de dix à trente minutes. Le ferment est donc aussi énergique que la pepsine; les produits de la digestion sont également les mêmes qu'avec la pepsine, et cependant ces deux ferments ne sont pas identiques puisque celui du figuier peptonise également en présence des alcalis quoique plus lentement. On pourrait croire qu'il existe dans ce latex deux ferments différents, l'un qui peptonise en présence des acides, comme la pepsine, l'autre qui exécute le même travail en présence des alcalis, comme la trypsine. Cependant d'abord le dédoublement des matières albumi-

[1] *Arbeiten des bot. Instituts in Würzburg*, t. III, 1885, 2e fasc. — *Bot. Zeit.*, 1886, t. CXXXVII.

noïdes n'est pas aussi complet avec le latex qu'avec la trypsine; ensuite, ce qui est encore plus démonstratif, le latex mis à digérer avec de l'acide chlorhydrique qui ne doit détruire que la trypsine, perd toutes ses propriétés pepsiques en présence des acides aussi bien que des alcalis, et, mis à digérer avec le carbonate de soude qui détruit la pepsine, il conserve au contraire, ses propriétés dans l'un et dans l'autre cas.

Lorsqu'on ajoute quelques gouttes du latex au lait et qu'on chauffe jusqu'à l'ébullition, le lait se caille aussitôt. Ce ferment se distingue donc par cette propriété curieuse de ne pas se détruire par une ébullition momentanée. L'ébullition quelque peu prolongée le détruit néanmoins de même qu'une élévation de la température à 65° maintenue pendant deux heures.

L'action diastasique a été démontrée par la transformation partielle de l'empois d'amidon et du glycogène en sucre.

Lorsqu'on précipite le latex par l'alcool et qu'on reprend le précipité par l'eau, l'action sur le lait et sur l'amidon persistent, tandis que l'action pepsique a entièrement disparu.

Le latex séché du *Carica Papaya* peptonise et précipite la caséine, les préparations de papaïne du commerce peptonisent faiblement, précipitent la caséïne et transforment l'amidon en sucre.

M. Hansen ne croit pas que ces actions fermentatives du latex jouent un rôle quelconque dans la nutrition de la plante. Il pense au contraire que ces ferments sont des produits accidentels de la métamorphose des principes immédiats : il considère du reste, les laticifères simplement comme des organes excréteurs.

Sans donner raison à l'auteur sous ce dernier rapport, il n'est que juste de reconnaître que les ferments pepsiques ne sont pas de la même importance pour la plante que pour les animaux, puisque leur présence n'a été constatée que dans quelques cas isolés.

A la fin de son travail M. Hansen étudie l'influence des acides étendus et concentrés sur les matières qui se dédoublent au contact des ferments. Les acides ne produisent ce même travail fermentatif que lorsqu'ils sont dilués jusqu'à un certain taux, tandis que les mêmes acides concentrés se comportent comme l'eau distillée. La fibrine lavée se gonfle considérablement avec absorption d'eau dans de l'acide chlorhydrique à 0,2 p. 100 tandis que l'acide à 5 p. 100 la laisse intacte. La similitude de l'action des acides et des ferments est donc aussi parfaite que possible, mais l'auteur n'ose pas encore affirmer que l'action des ferments sur les corps susceptibles de se dédoubler consiste en ce qu'ils rendent ces corps capables d'absorber de l'eau.

Qu'est-ce que la diastase? par M. J. FRANKHAUSER[1]. — Ce travail a été inspiré par les recherches de M. Schnell sur le maltage pneumatique. Il s'agit surtout de la transformation de l'amidon en sucre et du phénomène dit : « dissolution du grain d'orge ».

L'auteur cherche par conséquent à répondre à cette question : quels sont les phénomènes qu'on peut observer au microscope pendant la germination

1. *Was ist-Diastase?* — *Der Bund* (Berne), t. XXXVII, 1886, n° 126.

de l'orge, et quelle est la substance qui détermine la transformation de l'amidon en sucre et qui solubilise les membranes cellulaires ?

Lorsque le grain d'orge se gonfle dans l'eau, il absorbe une quantité d'eau parfaitement déterminée et c'est d'abord, paraît-il, l'embryon qui absorbe le liquide. L'opération étant bien conduite, la respiration s'établit et la température s'élève parfois au delà de 30°. A mesure que l'embryon se développe, l'albumen subit de profondes modifications, les parois cellulaires deviennent molles, si bien qu'elles sont en partie dissoutes lorsque l'embryon égale en longueur les deux tiers ou les trois quarts du grain. Il est alors facile d'écraser l'albumen entre les doigts : c'est ce que les brasseurs appellent la solubilisation du grain d'orge. Jusque-là la couche de gluten a conservé ses parois cellulaires. Si on coupe transversalement le grain arrivé à cet état, on trouve que les parois les plus minces disparaissent d'abord, et même les strates les plus hydratés de la membrane se dissolvent avant ceux dont la densité est plus forte. Quant à l'amidon, il est encore intact.

Quel est maintenant l'agent qui détermine la dissolution des parois cellulaires : est-ce la diastase formée par l'embryon, ou faut-il, avec MM. Duclaux et Pasteur admettre l'intervention de microbes? Comme il est impossible, avec la meilleure volonté, de voir ces microbes, l'auteur pense qu'il faut s'en tenir à la diastase ou à quelque chose d'analogue, puisque la diastase est encore inconnue.

Pendant la germination des pommes de terre et de l'orge, il se développe non seulement de l'acide carbonique, mais encore un ou plusieurs acides énergiques.

Pour étudier ces derniers acides, M. Frankhauser a opéré sur de grandes quantités d'orge germée ; le malt a été traité par la potasse à 5 p. 100. Après diverses manipulations l'extrait a fourni à la distillation surtout de l'acide formique. Il était tout indiqué de rechercher si l'acide formique peut transformer l'amidon en sucre. L'expérience a répondu par l'affirmative, l'acide formique pur du commerce, ainsi que le produit distillé de l'orge germée, opère cette transformation.

Il s'agit enfin de savoir pourquoi les parois cellulaires se dissolvent avant l'amidon. Les parois cellulaires de l'albumen confinent directement à la surface de l'embryon qui dégage l'acide formique. Grâce à leur constitution physique elles conduisent cet acide dont elles subissent l'influence avant le contenu cellulaire. Lorsque le grain est entièrement solubilisé le brasseur interrompt la germination en tuant l'embryon; l'acide formique transforme de suite l'amidon en sucre absolument comme le ferait de l'acide sulfurique dilué.

Ces données étant acquises, il devient facile d'expliquer un certain nombre de faits intéressants. L'auteur pense que pendant la germination, la respiration fournit de l'acide carbonique, de l'acide formique et sans doute d'autres acides végétaux. C'est ainsi que les racines ou les tiges de pommes de terre peuvent traverser les tubercules qui se solubilisent sous l'influence des acides au contact des jeunes tissus en voie de formation. D'ailleurs M. Sachs a démontré depuis longtemps qu'il se forme des acides énergiques dans les racines. La pénétration des hyphes si délicates de champignons dans du bois beaucoup

plus dur, celle des spores du *Peronospora* dans la plante attaquée, peuvent s'expliquer de la même manière.

Les microbes du sol, par E. LAURENT[1]. — Le rôle qu'exercent les microbes dans le sol commence seulement à être entrevu depuis quelque temps. MM. Schlœsing et Muntz ont montré que l'ammoniaque était transformée en nitrate par un organisme spécial qui est actuellement désigné sous le nom de ferment nitrique. MM. Dehérain et Maquenne ont reconnu que la réduction des nitrates dans le sol est dû à l'activité de ferments figurés, que MM. Gayon et Dupetit ont soumis à une étude attentive. M. Laurent a voulu savoir quel rôle jouaient les nitrates dans le sol. Pour y réussir, il dispose dans des pots munis d'un couvercle percé de trous du terreau stérilisé par une température de 140° et humecté avec de l'eau également dépouillée de germes par son passage au travers d'un filtre Chamberlain, et il met en comparaison quatre séries de plantes :

1° Dans du terreau naturel;

2° Dans du terreau stérilisé puis inoculé avec les bactéries du sol;

3° Dans du terreau stérilisé.

4° Dans du terreau stérilisé avec addition d'engrais chimique.

On introduit dans ces pots des grains de sarrazin stérilisés par un bain de vingt minutes dans une dissolution de sublimé au 1/500; on les fait germer dans l'eau stérilisée et enfin on les introduit dans la terre par une ouverture du couvercle jusque-là maintenue fermée par un tampon de ouate.

L'auteur a constaté le 29 septembre le nombre des fruits suivants pour chacune des séries.

1re série	94.6
2e —	96
3e —	23
4e —	66

Il ajoute : « A tous les points de vue la troisième série est inférieure aux autres, ce qui montre à l'évidence que l'action des microbes est des plus utiles dans la terre riche en détritus organiques. »

Sur l'entraînement des micro-organismes par l'ascension capillaire de l'eau dans le sol, par M. J. SOYKA[2]. — Il est important de savoir si l'eau montant par capillarité dans le sol, entraîne les micro-organismes ou si elle est filtrée par le passage dans le sol de manière à arriver à la surface purgée de tout germe cryptogamique.

Tel est l'objet des recherches de l'auteur.

Un tube de verre, large de 15 millimètres, long d'environ 30 centimètres et qui pouvait être allongé à l'aide d'ajutages, était entouré à sa partie supérieure d'un élargissement piriforme, dans lequel il pénétrait d'environ 3 centimètres

1. Extrait des *Bulletins de l'Académie royale de Belgique*, 3e série, t. XI, n° 2, 1886.

2. Prager medicinische Wochenschrift, 1885, n° 25. *Wollny's Forschung. auf dem Gebiete der Agrikulturphysik*, t. VIII, p 373.

et qui était prolongé lui même en tube de 15 millimètres de diamètre et de 5 centimètres de longueur.

On remplissait le long tube de verre d'une terre quelconque en ayant soin de l'enfaîter au sommet, de telle sorte qu'une secousse un peu forte imprimée au tube faisait tomber une petite partie de la terre dans la partie ventrue du renflement piriforme. Dans ce renflement on mettait d'avance une matière nourricière adaptée aux besoins du microbe sur lequel on voulait expérimenter : extrait de viande, infusion de foin, gélatine nourricière, etc. L'extrémité supérieure de la poire était bouchée avec de la ouate foulée et recouverte elle-même d'une capsule de verre renversée. L'appareil tout entier a été ensuite stérilisé par la chaleur et on l'abandonnait à lui-même pour s'assurer qu'aucun germe ne se développait dans la solution nourricière. Ce fait important étant constaté, on plongeait l'extrémité inférieure du tube dans un liquide contenant un organisme bien déterminé. Ce liquide montait de suite à une certaine hauteur pour continuer ensuite lentement son mouvement ascensionnel. En quelques heures, ou au plus en quelques jours, il pénétrait jusqu'au sommet. Souvent les microbes se développaient rapidement, entraînés par capillarité de haut en bas dans la partie inférieure de la poire; mais on pouvait faire la même constatation plus rapidement en projetant par une secousse une petite partie de la terre imbibée dans la solution nourricière. Il est évident que tous les germes parvenus jusqu'à cet endroit avaient dû traverser l'épaisse couche de terre située au-dessous. Il était même facile de constater l'identité de l'organisme développé dans la poire avec celui qu'on avait volontairement employé.

Deux objections se présentent immédiatement à l'esprit : 1. On pourrait croire que les organismes n'ont pas été précisément entraînés mais qu'ils se sont multipliés de telle façon qu'ils ont grimpé dans la colonne de terre, ainsi que certains champignons seraient certainement capables de le faire. Voici comment cette cause d'erreur a été écartée : on sait que les champignons finissent par épuiser la solution nourricière ; dès lors ils ne s'accroissent plus, mais, transportés dans une nouvelle solution nourricière, ils entrent dans la période végétative. Eh bien on a opéré avec une culture ainsi épuisée et cela avec le même résultat. 2. On pourrait objecter que le sol lui-même renferme des principes propres à alimenter ces organismes. Il ne restait alors qu'à remplacer le sol naturel par des perles de verre bien nettoyées, par de la poudre de verre, etc., qui n'abandonnent rien à l'eau. Le résultat n'en a pas été modifié; il est donc prouvé que l'eau entraîne dans son mouvement ascensionnel les micro-organismes qui végètent à une certaine profondeur.

Sur l'émission de l'oxygène par les plantes dans le spectre microscopique, par M. N. Pringsheim[1]. — Au Congrès des naturalistes allemands, tenu à Strasbourg du 18 au 23 septembre 1885, M. Pringsheim, répétant les expériences bien connues de M. Engelmann sur l'émission de l'oxygène par les plantes dans un très petit spectre projeté au milieu du champ du miscroscope

1. Ueber die Sauersotffabgabe der Pflanzen im Mikrospectrum. — *Sitzungsber. der Akad. der Wissensch. zu Berlin*, 1886, t. VII, 40 p., 2 pl. — *Bot. Centralbl.*, XXIV, p. 224; XXVI, p. 211.

annonce qu'il est arrivé à des résultats bien différents de ceux du savant hollandais. Il nie en effet la coïncidence si remarquable entre les maxima de dégagement d'oxygène et les maxima de l'absorption des rayons colorés par la chlorophylle ou les principes colorés qui la remplacent chez les algues brunes et rouges.

Nous pouvons aujourd'hui fournir des détails plus circonstanciés sur cette grave question.

Dans ses recherches devenues classiques, M. Engelmann se sert de deux méthodes différentes[1] : celle des observations simultanées et celle des observations successives. Quant à la méthode des observations successives, l'auteur croit devoir la rejeter entièrement; pour s'en tenir uniquement à la première, celle des observations simultanées, qu'il applique à des *Cladophora, Œdogonium, Spirogyra, Mesocarpus*, etc.

Voici les résultats généraux du travail :

1. Il n'y a pas de coïncidence constante des maxima de l'absorption des rayons colorés et de l'émission de l'oxygène, dans le spectre microscopique. On ne l'observe pas plus dans le rouge que dans le bleu, pas plus à la lumière artificielle qu'à la lumière diffuse ou directe; — 2. S'il est vrai que souvent le mouvement des bactéries est très accentué dans le rouge auprès de la raie C, il faut pourtant reconnaître que le maximum ne correspond peut-être jamais au maximum de l'absorption situé en B 1/4 C, mais qu'il se trouve ordinairement reporté au-delà de C, souvent au milieu entre C et D; la position de ce maximum est d'ailleurs sujet à des oscillations notables d'un exemplaire à l'autre de la même plante; — 3. Dans toute la région bleu violet du spectre, le mouvemement est très faible relativement à l'absorption de ces rayons par la chlorophylle.

La discordance entre l'absorption de la lumière et l'émission de l'oxygène est encore plus grande quand on opère sur des algues brunes ou rouges. Presque toujours le maximum de mouvement tombe entre C et D, c'est-à-dire dans la région d'absorption minima. Chez les algues rouges, la courbe descend des deux côtés de ce maximum, plus rapidement vers le rouge que vers le vert.

Les nombreuses observations ont montré que la position du maximum de l'émission de l'oxygène n'est pas constante, ce qui explique la discordance des résultats que d'autres auteurs ont obtenus à l'aide de méthodes diverses. On sait qu'il a été impossible jusqu'à présent d'expliquer ces discordances autrement qu'en accusant les diverses méthodes adoptées. La variabilité du phénomène est telle que la valeur plus ou moins contestable de la méthode disparaît à côté d'elle. Il est en effet facile de démontrer, par exemple, que l'impureté du spectre est loin de pouvoir déterminer les notables déplacements du maximum. Il en est de même pour la dispersion inégale du spectre de prisme. Ainsi, tandis que M. Reinke, à l'aide de son spectre corrigé, trouve le maximum dans la raie B, M. Pfeffer, opérant de même, mais dans le spectre de prisme non corrigé, le place dans la raie D. Or, dans le spectre de prisme les rayons rouges sont favorisés vis-à-vis des rayons jaunes, et M. Pfeffer, plutôt que M. Reinke, aurait dû trouver le maximum dans le rouge.

1. Voy. *Ann. agron.*, t. VIII, pp. 461, 463, et t. IX, p. 78.

On a observé, en outre, que les bactéries accumulées dans l'endroit de prédilection, quittent cet endroit pour se porter ailleurs, comme si la source d'oxygène était tarie en cet endroit quoique l'absorption des rayons lumineux ne fût pas modifiée. Il ne saurait donc y avoir une proportionnalité entre l'absorption des rayons lumineux et l'émission de l'oxygène.

Le mouvement de l'eau dans le bois, par M. MAX SCHEIT[1]. — M. Scheit croit toujours que les éléments morts du bois ne renferment pas d'air, mais que les bulles gazeuses ne sont que de la vapeur d'eau.

Il cherche à infirmer les objections élevées par M. Godlewski contre les théories atmosphériques Bœhm-Hartig; mais, dit-il, si ces théories sont inadmissibles, ce n'est pas qu'elles soient physiquement impossibles, mais c'est parce que les éléments du bois ne renferment pas d'air et que les différences de pression invoquées comme force motrice par ces auteurs, ne sauraient exister.

Quant aux théories biologiques de MM. Westermaier et Godlewski, elles reposent sur des hypothèses inexactes et ne sont pas confirmées par l'expérience.

D'après M. Scheit, les causes de l'ascension de la sève seraient : 1° la poussée des racines; 2° la distillation. Or les pleurs n'ont pas été observées jusqu'à présent chez toutes les plantes; il s'agissait donc de démontrer d'abord que ce phénomène est plus répandu qu'on ne le croyait jusqu'à présent. Lorsqu'on veut constater l'existence des pleurs on coupe la tige de la plante, mais aussitôt la poussée des racines qui jusqu'alors n'avait à soulever que la colonne liquide contenue dans le bois, aura à vaincre le poids de l'atmosphère, qui dans un grand nombre de cas, peut empêcher les pleurs de couler. Rien de plus simple que de supprimer cet excès de charge : il suffit en effet de placer la section de la tige ou de la racine dans le vide. De cette manière, l'auteur a pu observer les pleurs chez les plantes qui ne pleurent pas dans les conditions ordinaires.

M. Scheit a essayé d'étudier l'influence de la pression extérieure sur les racines intactes, comme nous l'avons fait, mais il n'est pas arrivé à des résultats certains. Comme la poussée des racines ne dépasse jamais trois atmosphères, l'auteur attribue à la capillarité le rôle de maintenir suspendue la colonne de liquide. Il répète à ce sujet, comme dit M. Zimmermann, l'auteur de l'analyse de ce travail dans le *Bot. Central.*, les *impossibilités physiques* de MM. Hartig et Elfving.

La distillation intervient aussitôt que les cellules et les vaisseaux du bois ne sont plus complètement remplis d'eau. Le mouvement de distillation de bas en haut n'est évidemment possible que si la température décroît de bas en haut. Cette condition sera réalisée toutes les fois que l'air se refroidit. Le sol et le bois étant mauvais conducteurs de la chaleur, les feuilles seront à une température plus basse que les éléments du bois. L'abaissement de la température résultant de la transpiration agit naturellement dans le même sens. M. Zimmermann fait remarquer que la distillation ne peut être que d'une médiocre influence sur l'ascension de l'eau. Nous irons un peu plus loin en disant qu'elle ne peut entrer en ligne de compte que dans des circonstances bien rares.

1. Jenaische Zeitschr. f. Naturwissensch., t. XIX, 1886 (*Bot. Centralbl.*, t. XXVI, p. 294).

années à l'abbaye de Flitcham par M. F.-J. Cook, montrent que les mêmes résultats avantageux, suivent invariablement l'application de la potasse à nos sols de Norfolk.

La récolte moyenne, obtenue sur les parcelles 7, 14, 21 et 29, qui avaient reçu l'engrais composé, contenant 6 p. 100 d'ammoniaque, 16 p. 100 de chlorure de potassium, et 15 p. 100 de phosphate soluble, fut de 51 tonnes, 400 kilos par hectare, et il est à remarquer que, sur les parcelles 14 et 29 qui reçurent une dose double de potasse, et qui traversent les parcelles au chlorure et au kainite, les rendements atteignirent 53 tonnes, 300 kilos, et 54 tonnes par hectare. De toutes les parcelles qui avaient reçu de l'engrais, celles-ci souffrirent le moins de la sécheresse. La question se présente naturellement ainsi : l'avantage de l'application du fumier de ferme à une récolte de racines est-il dû autant ou davantage à la potasse ou à l'azote de ces engrais? Je ne suis pas en état d'y répondre.

On s'attendait à constater quelque avantage de l'application des sels de magnésie, car les années précédentes, une grande abondance de feuilles avait suivi leur application. Dans les expériences de cette année, ce résultat n'a pas été sensible. En faisant la moyenne des parcelles à la magnésie (excepté la parcelle 14 qui reçut aussi de la potasse), nous trouvons que la récolte moyenne a été de 40 tonnes, 700 kilos par hectare, c'est-à-dire environ 2 400 kilos de racines de plus par hectare que les parcelles, qui ne reçurent aucun engrais complémentaire. On voit aussi que la récolte moyenne des parcelles au chlorure de potassium fut d'environ 47 tonnes, 200 kilos et celle des parcelles au kainite fut de 46 tonnes, 200 kilos.

Les parcelles où l'on mit de la poudre de coprolithe, reçurent cet engrais à raison d'une demi-tonne par acre. Les maigres rendements obtenus prouvent le peu d'avantage de cette matière pour notre sol.

Ces résultats ne diffèrent aucunement de ceux qu'ont donné les expériences des années précédentes. Notre champ, en particulier, a reçu pendant de nombreuses années d'abondantes fumures de phosphates. Une analyse du terrain a montré la présence de 0,26 p. 100 d'acide phosphorique dans la partie supérieure du sol. L'acide phosphorique de la poudre de coprolithe est semblable à celui du sol, et puisqu'il y a encore des quantités notables d'acide phosphorique dans notre sol il n'est pas étonnant que l'application de 75 kilos en plus n'ait produit qu'un petit effet. Les parcelles à coprolithe et celles sans engrais (4, 6, 28 et 30) ont fait des progrès très lents dans la dernière période de la végétation. Ce ne fut que très difficilement qu'on empêcha les mauvaises herbes de couvrir les plants de jeunes turneps. Les racines, après avoir été arrachées, étaient non seulement plus petites, mais n'avaient même pas la qualité de celles des autres parcelles, elles étaient en effet, desséchées, coriaces et très petites. Je n'ai pas déterminé la proportion d'eau qu'elles contenaient, mais je crois qu'il y en avait moins dans les racines des parcelles sans engrais, et dans celles à coprolithe; la fibre de bois doit aussi avoir atteint un développement anormal. S'il en est ainsi, les propriétés nutritives de ces racines auraient été beaucoup moindres. On observa que les turneps de ces parcelles ne semblent pas avoir souffert beaucoup de la sécheresse. Le poids des racines par acre est presque le même que celui obtenu les années précédentes, 28 ou 24

tonnes ont été obtenues invariablement sur le sol sans engrais. La faiblesse des récoltes obtenues dans ces conditions m'a conduit à limiter les parcelles sans engrais et celles à coprolithe, à une petite surface.

Ces résultats sont peu différents de ceux obtenus dans les expériences des années précédentes. La récolte maxima de cette année a été beaucoup moindre que celle de quelques-unes des années précédentes. La plus forte récolte de 1883, dans un champ voisin, a été de 73 tonnes, 700 kilos par acre. Cette année, la plus forte est de 53 tonnes, 700 kilos sur la parcelle qui a reçu du superphosphate, du sulfate d'ammoniaque, du chlorure de potassium et du kainite. Là où on a mis de la potasse, les turneps ont le mieux « résisté à la sécheresse », et s'il n'était pas survenu de pluie avant septembre, il est probable que les racines de ces parcelles auraient été les seules survivantes.

En mettant les résultats sous une forme aussi brève que possible, on peut dire que : — 1° la poudre de coprolithe a donné un accroissement de 1ᵀ 850 par hectare; — 2° le superphosphate seul a donné un accroissement de 11ᵀ ,130 par hectare; — 3° les os dissous contenant de l'azote dans la proportion de 2,75 p. 100 d'ammoniaque, ou une application de 75 kilos d'ammoniaque par acre, et de plus du phosphate de chaux soluble, ont donné 16ᵀ ,700 par acre; — 4° 75 kilos de nitrate de soude, avec du phosphate soluble, ont donné un rendement à peu près égal à celui de la parcelle aux os dissous. Il semble donc que la potasse qui se trouvait dans ce sol, a suffi à la production des récoltes précédentes, mais la potasse du sol était insuffisante puisque l'addition de la potasse a accru le rendement sur toutes les parcelles. Le poids maximum a été obtenu quand on l'a employée en même temps que de l'azote assimilable et du phosphate soluble. Quand on a mis de la potasse avec du phosphate soluble, il semble que la plus grande addition d'azote ait été profitable, le plus fort accroissement ainsi obtenu étant de 26 et 30 tonnes par acre; — 6° l'emploi d'engrais artificiels peut donner un plus grand poids de racines que le fumier de ferme. Ce fait s'explique aisément, car le fumier de ferme n'est pas épuisé par une seule récolte, et continue son action dans les années suivantes.

Sur les cultures spéciales en Russie, par M. Blau[1]. — I. *Le cotonnier*. Seules les contrées méridionales, c'est-à-dire la Transcaucasie et le Turkestan sont propres à la culture du cotonnier. Cette plante était connue en Transcaucasie depuis fort longtemps, mais on ne la cultivait que pour les besoins du commerce indigène. Ce n'est que vers 1860, alors que la guerre des États-Unis avait mis fin à l'exportation du coton, que la demande exagérée fit monter de beaucoup les prix du coton transcaucasique, et que les planteurs de ce pays étendirent considérablement cette culture. Le gouvernement d'Ériwan, par exemple, qui, avant 1863 avait produit annuellement environ 60 000 pouds de coton, en a fourni en 1870 : 276 000 pouds. Cependant la production ne s'est pas maintenue à ce chiffre parce qu'on préfère réserver les eaux d'irrigation à l'entretien des vignes et des vergers. On se livre également à cette culture, et

1. *Landwirthsch. Specialculturen Russlands*, in *Russische Revue*, t. XII, p. 255-279. — *Bot. Centralbl.*, t. XXIII, p. 152.

même quelquefois sur une grande échelle, dans les gouvernements de Bakou, de Jelissawetpol, de Koutaïs et de Tiflis. Quelques planteurs des gouvernements de Koutaïs et de Bakou lui ont consacré une surface de 100 dessœtines et davantage.

Les variétés cultivées sont au nombre de quatre. La plus répandue est celle d'Ériwan, qui est malheureusement peu avantageuse sous le double rapport de la quantité et de la qualité de la récolte, mais qui en revanche résiste le mieux au climat et demande peu de soins.

Le prince Woronzow a distribué gratuitement aux cultivateurs les graines de deux autres variétés de meilleure qualité, celle d'Égypte, qui n'a pas encore pu se substituer entièrement à l'ancienne et qui s'est surtout répandue en Mingrélie et en Imerétie, et la variété américaine, haute de sept pieds, à grandes capsules et à fibre très blanche. On a commencé à cultiver cette dernière variété vers 1860. Quelques entrepreneurs ont établi des cultures importantes entre le Kour et l'Araxes. Cette variété exige une température estivale soutenue et beaucoup d'eau, de sorte qu'elle ne prospère en Transcaucasie que dans les plaines et dans les quelques régions où l'eau d'arrosage ne manque pas : on ne peut guère se passer d'arrosages que dans les parties humides de l'ouest de la Transcaucasie.

La quatrième variété, celle de Masanderan, est préférable à la variété d'Ériwan; elle est cultivée surtout dans le cercle de Lenkoran (gouvernement de Bakou).

En Transcaucasie on n'extrait pas l'huile des graines qu'on emploie exclusivement à l'alimentation du bétail.

Dans les possessions russes de l'Asie centrale, la culture du cotonnier est par endroits fort importante, notamment dans les vallées du Syr-daria, du Serafschâne et dans le Ferganah. Mais la variété dominante n'est autre que le *Gossypium herbaceum* indigène, à fibre courte et grossière. La récolte moyenne par dessœtine est de 20 pouds de coton et de 15 pouds de graines. On extrait l'huile des graines, les résidus sont donnés au bétail.

Il est bien clair que la production du coton est loin de suffire aux filatures russes. L'importation en Russie du coton étranger s'élève à 4 ou 5 millions de pouds, dont 4 700 000 pouds traversent les frontières d'Europe, et 300 000 pouds celles d'Asie.

II. *Betterave à sucre.* L'industrie sucrière et la culture de la betterave en Russie datent du commencement du siècle. Mais, malgré les efforts du gouvernement, la progression a été d'une lenteur extrême, de sorte qu'il n'y avait en 1825 que sept fabriques de sucre. Ce n'est qu'en 1840 et grâce surtout à l'initiative du comte Bobrinsky, dans le gouvernement de Kiew, que la production commença à s'élever notablement. La betterave est cultivée aujourd'hui dans quatorze gouvernements de la Russie d'Europe et dans neuf de la Pologne. La surface occupée par cette culture est de 160 000 dessœtines et la récolte totale de 15 millions de berkowez. Partout où les grands propriétaires s'en occupent on suit les règles de l'assolement. Dans le sud-ouest et dans les gouvernements de la Vistule, le travail du sol est arrivé à une très grande perfection. On sème vers la mi-mars dans le sud-ouest, plus tard ailleurs, quelquefois seulement en mai. Les semences sont d'origine indigène ou étrangère; on se sert

de préférence de mélanges de plusieurs variétés. La blanche de Silésie s'est le mieux acclimatée dans le sud-ouest; les variétés françaises réussissent aussi bien. Les plus riches en sucre et les plus fertiles sont des races non typiques provenant du croisement des races françaises avec les races allemandes. La récolte commence dans les premiers jours de septembre jusqu'en octobre.

III. *Tabac*. Quoique la culture du tabac soit d'introduction récente, la Russie occupe le premier rang parmi les États d'Europe quant à la récolte totale. En Russie un impôt très élevé frappe le tabac tout fabriqué, prêt à la consommation. Cette loi ne date que de 1882, et on craignait qu'elle ne fût un obstacle à la progression de la culture. Sans vouloir nier l'influence de l'impôt sur la production de la matière première, l'auteur fait voir que cette culture progresse toujours, contrairement aux assertions de quelques auteurs moins bien renseignés. Le midi et le centre de la Russie se prêtent à la culture du tabac, mais l'humidité pendant l'été étant nécessaire à la qualité du tabac, et notamment au développement de l'arôme, les meilleures sortes proviennent de quelques contrées circonscrites du gouvernement de Tschernigow et de la Bessarabie.

Le gouvernement de Tschernigow a fourni en 1878 plus d'un million de pouds; la Bessarabie, 500 000 pouds; Poltawa, 440 000 pouds; Samara, 287 000; Stawropol, Terek et Kouban, 387 000; la Crimée 111 400 pouds, etc.

On introduit rarement le tabac dans la rotation; ordinairement on le cultive dans des jardins ou dans des plantations spéciales plusieurs années de suite, en donnant au sol les labours et les fumures nécessaires. En Crimée on sème en février-mars; dans la petite Russie en mars-avril, pour repiquer en Crimée en avril-mai, dans la petite Russie en mai-juin. Tandis que les gouvernements Tschernigow et Poltawa produisent surtout le tabac appelé « tabac de paysan » (*Nicotiana rustica*, Machorka, Koubanka) et la Bessarabie le tabac turc, les colonies allemandes du gouvernement Samara et de la Crimée cultivent encore le tabac américain, le tabac allemand, et le tabac à cigares, qui sont tous des variétés du tabac de Virginie (*Nicotiana Tabacum*).

Prix de revient de la culture du blé en Toscane, par M. G. Caruso. — L'École d'agriculture de Pise, si habilement dirigée par M. Caruso, célèbre par les travaux de son corps enseignant, particulièrement par ceux de M. Fausto Sestini, que connaissent les lecteurs des *Annales*, possède un domaine dont les terres représentent assez bien les deux natures de sol de la Toscane; dans l'une de ces terres on obtient en moyenne $23^{hl},76$ de blé, dans l'autre 14; M. Carus a recherché quel était le prix de revient de ces cultures; il arrive aux conclusions suivantes :

1. Dans les terres de bonne qualité la culture du blé, même sans l'emploi du semoir, reste rémunératrice aux prix actuels quand elle ne descend pas au-dessous de 16 hectolitres. Le prix de location de la terre est estimée à 125 francs.

2. Dans les terres fortes, la culture du blé est encore avantageuse qnand elle donne 11 hectolitres à l'hectare, mais elle cesse de l'être quand elle descend au-dessous de 10 hectolitres et demi.

3. Si on faisait usage de semoirs les chiffres précédents pourraient encore être abaissés.

Technologie.

Sur quelques huiles grasses du Japon, par M. Holmes[1]. — Plusieurs huiles de provenance japonaise figuraient à l'exposition internationale de South-Kensington : deux qualités d'huile de *Brassica*, dont une claire extraite des graines du *B. campestris*, et une plus foncée fournie par les graines du *B. sinensis*. Cette dernière est usitée comme purgatif et contre les maladies de la peau. La plante est l'objet d'une culture très importante en Chine.

L'huile de *Camellia*, extraite des graines du *Camellia japonica* ressemble à l'huile d'olive; elle sert aux horlogers et, additionnée de cire du Japon (*Rhus succedaneum*), parfumée avec de l'essence de girofle ou avec d'autres huiles éthérées, comme pommade. Il s'en fait un grand commerce en Chine et on commence même à l'exporter. Depuis ces derniers temps on offre sur le marché de Londres les graines de théier sous le nom de « graines de Zanne ». L'huile de Camellia est très fluide, pâle, non siccative, elle pourra sans doute soutenir la concurrence de l'huile d'olive et d'amande. En Chine la livre se vend de 42 à 65 centimes.

L'huile de bois (*wood-oil*), citée comme provenant de l'*Elæococca cordata*, et qu'il ne faut pas confondre avec l'oléo-résine du *Dipterocarpus* également appelé *wood-oil* ou baume de Gurjun, est une huile grasse extraite des très petites graines du *Paulownia imperialis* (en japonais *Abura Kiri* ou arbre à huile, ou *Yani Kiri*, *Kiri* des montagnes).

Les graines exprimées à froid fournissent 35 p. 100 d'une huile incolore, inodore, sans saveur, d'une densité de 0,9362 et qui se solidifie rapidement lorsqu'on l'expose à la lumière dans un flacon bouché, entièrement rempli. Cette huile appelée *Doucana* au Japon sert à boucher les pores du bois destiné à la confection des objets recouverts de laque. Elle est la plus siccative de toutes les huiles. Elle est employée en outre, d'après M. Mene, au vernissage des meubles, des parapluies, du papier et du papier-cuir. On l'utilise enfin dans le badigeonnage et le calfatage d'une embarcation et de toutes sortes de constructions en bois. Le marché principal pour l'exportation est Hankow. L'huile de Paulownia semble appelée à un grand avenir et pourrait fort bien remplacer l'huile de lin[2].

1. Oil, Paint and Drug Reporter, Febr. 1885. — *Zeitschr. des allgem. Oesterreich. Apothekerver.*, 1885, n° 27, pp. 421-423. — *Bot. Centralbl.*, t. XXVI, p. 111.

2. Le *Paulownia imperialis* fructifie abondamment à Paris. Pourquoi n'essayerait-on pas en France d'extraire l'huile de ses graines?

ERRATA DE LA LIVRAISON PRÉCÉDENTE.

Page :	*Ligne :*		*Au lieu de :*	*Lisez :*
267	5	Excédent total pour les quatre années.	930	1000
»	8	—	186	200
»	15	—	$\frac{302,60}{20} = 10,60$	$\frac{317,24}{20} = 15,36$
»	17	—	29,60	34,36

Le Gérant : G. Masson.

Bourloton. — Imprimeries réunies, B.

LA TEMPÉRATURE DES ARBRES

ET LES EFFETS DU GRAND HIVER DE 1879-1880 A GRIGNON

PAR

M. P. MOUILLEFERT

Professeur à l'École d'agriculture de Grignon.

Le grand hiver de 1879-80 a été à Grignon, comme dans toutes la région centrale et septentrionale de la France, d'une extrême rigueur; les *Annales agronomiques* ont fait connaître, dans leur numéro d'avril 1880, les températures relevées en décembre 1879. En nous reportant au tableau publié nous voyons que le thermomètre *a minima* a été *sans interruption* au-dessous de zéro du 1[er] au 30 décembre et que les températures les plus élevées ont été de — 7° une fois, de — 8° deux fois, de — 9° quatre fois, et que toutes les autres ont été inférieures à — 10°; que sept fois le thermomètre est descendu au-dessous de — 20°, et qu'il a même marqué — 24°,5 le 9, — 26°,5 le 10, — 25°,5 le 17, et — 23°,5 le 18.

Dans les bas-fonds du parc il a fait encore plus froid; là le thermomètre a dû marquer près de — 30 degrés.

Il va sans dire aussi qu'à Grignon, comme partout ailleurs, les dégâts ont été considérables. Ils ont été très marqués dans les bois et surtout dans les collections de l'École.

Nous avons soigneusement relevé au printemps de 1880 la nature et l'importance des effets de ces froids exceptionnels; notre intention a été tout d'abord de faire connaître le résultat de nos observations, mais nous nous sommes bien vite aperçu que si nous nous hâtions de les publier, nos appréciations ne seraient ni complètes ni exactes. En effet, l'action de ces basses températures n'a pas été, comme on aurait pu le croire, passagère, elle a été beaucoup plus profonde qu'on ne s'y attendait et a même continué à se faire sentir pendant plusieurs années; de sorte qu'il y avait tout intérêt à continuer les observations.

Des faits extrêmement curieux au point de vue physiologique se sont produits. Ainsi des arbres que l'on croyait définitivement perdus ont peu à peu repris et sont aujourd'hui pleins de vigueur; tel est notamment le cas d'un jeune poirier commun du jardin botanique, d'une quinzaine d'années au moment de la gelée et dont

toute l'écorce et le cambium étaient complètement détruits; c'est aussi le cas d'un grand nombre de rejets de châtaigniers et de jeunes réserves de cette même essence dans les taillis de l'École, ainsi que de beaucoup d'autres espèces que nous ne pouvons énumérer ici.

D'après les études que nous avons faites sur les châtaigniers il nous a semblé que le cambium avait été régénéré par le tissu fondamental des rayons médullaires resté vivant et que partout où les nouveaux tissus ont pu se rejoindre de manière à former une couche continue, les faisceaux fibro-vasculaires ligneux et corticaux ont pu, par différenciation des éléments, se reconstituer peu à peu. Lorsque le tissu fondamental a été ménagé par place et détruit sur d'autres, on a vu la couche annuelle se reproduire dans le premier cas et au contraire rester inerte en face du tissu fondamental mort; de même pour l'écorce, elle s'est aussi reconstituée par place tandis qu'ailleurs elle a fini par tomber.

Enfin, lorsque tout le cambium primitif a été détruit, ainsi que tout le tissu fondamental qui aurait pu le régénérer, l'arbre n'a plus végété. Mais on comprend qu'entre le premier et le troisième cas ci-dessus il y a eu une infinité de cas intermédiaires; ce qui explique pourquoi certains individus ont pu reprendre peu à peu de la vigueur et se rétablir complètement, tandis que d'autres, au contraire, après avoir végété misérablement pendant plusieurs années, ont fini par mourir.

Ce sont surtout les châtaigniers qui ont présenté ces effets de la gelée avec le plus grand nombre de variations et la plus grande durée; pendant plusieurs années après 1879, dans tous les pays où les grands froids avaient sévi, on a vu ces arbres perdre leurs feuilles dans le courant de l'été, et la mort arriver pour beaucoup d'entre eux. On avait d'abord attribué ce dépérissement à une nouvelle maladie, probablement à une cryptogame. Mais les observations de M. Maxime Cornu qui s'est tout particulièrement occupé de cette question, pour lesquels ses travaux antérieurs lui donnent une compétence exceptionnelle, ont définitivement établi que cette mortalité n'était que la conséquence des froids subis pendant le grand hiver. Ce qui semble bien confirmer la justesse de cette appréciation c'est qu'aujourd'hui que les effets de l'action première ont à peu près achevé leur cours, la prétendue maladie se fait de plus en plus rare.

Quant à expliquer l'action de la gelée sur les végétaux, dire comment ce phénomène agit, comment il se fait qu'il tue les tissus dans certaines espèces, et ne fait au contraire aucun mal à d'autres, l'état actuel de la science ne permet pas encore de donner une explication suffisante.

Il va sans dire néanmoins que de nombreuses théories ont été proposées en vue d'expliquer cette action de la gelée.

La théorie qui a eu le plus de succès, et qui pendant longtemps paraissait rationnelle, est celle qui partait de ce principe, que les tissus des végétaux se trouvant remplis d'eau qui se dilatait en se congélant, brisait leurs organes élémentaires, ce qui amenait l'épanchement liquide que l'on constatait lors du dégel, et par suite la mort des cellules et des fibres. Mais cette théorie n'explique pas pourquoi la destruction des tissus n'a pas toujours lieu pour tous les organes également gorgés d'humidité, et pourquoi la gelée n'entraîne pas toujours, comme le dit M. Prilleux dans un magistral article que nous trouvons dans la *Revue des eaux et forêts* (numéro du 10 octobre 1881), l'extravasion des liquides et la mort des cellules.

« Il est beaucoup plus probable, dit le même auteur, que la membrane cellulosique, qui du reste est fort élastique, n'est pas détruite et que c'est la couche de plasma qui la tapisse intérieurement et qui constitue ce que l'on appelle l'*utricule primordiale* qui seule est modifiée dans son état et probablement coagulée. Cette matière vivante, qui porte le nom de *protoplasma*, est analogue aux substances azotées que l'on a réuni sous le nom de matières albuminoïdes. Ces matières ont, comme le blanc d'œuf, la propriété de se coaguler dans certaines conditions. Si l'on soumet à l'action du froid tout un blanc d'œuf, on voit qu'après avoir pris d'abord une consistance de sorbet, toute la masse finit par se solidifier complètement; à sa surface qui est assez inégale, on distingue des cristaux qui sont opaques et d'un blanc jaunâtre. Ce sont, je pense, des cristaux de glace recouverts d'une couche solidifiée d'albumine. Au dégel une portion seulement du blanc d'œuf redevient transparente et liquide; une autre partie s'est coagulée et forme un précipité floconneux.

» Il est naturel de supposer que, dans les plantes, il se passe quelque chose à peu près analogue; il peut y avoir dans le protoplasma vivant une proportion plus ou moins grande de matière

l'Érable plane, âgé d'environ soixante-dix ans, avait des dimensions un peu plus faibles, $1^m,20$ de circonférence à la base et $0^m,82$ à $7^m,50$.

Pour chacun de ces arbres, on a établi la série d'observations suivantes :

Deux thermomètres, l'un *a minima* et l'autre *a maxima* ont été installés à un mètre de profondeur dans le sol près des arbres; deux autres dans l'intérieur d'une grosse racine à environ $0^m,80$ à 1 mètre de profondeur; deux autres dans l'intérieur du tronc de l'arbre à 1 mètre du sol et dans un trou allant jusqu'au cœur; une quatrième série de thermomètres a été aussi installée dans le haut du tronc à 8 mètres environ au-dessus du sol. Enfin une cinquième séric a été exposée à l'air libre dans le voisinage des arbres sur le sommet étroit et en travers d'un madrier à $3^m,5$ environ du sol; les instruments reposaient chacun sur deux petits pitons en fer, et de telle sorte qu'ils devaient refléter exactement la température ambiante.

Quant aux installations souterraines, voici comment elles ont été faites :

Une grotte ou chambre a d'abord été creusée dans la terre à $0^m,80$ à 1 mètre de profondeur, et à une faible distance des arbres; on pouvait descendre dans cette grotte au moyen de quelques marches; dans l'intérieur, au niveau du plancher à gauche de la porte d'entrée, on a fait un trou étroit et profond d'environ $0^m,80$, au fond duquel on a placé les deux thermomètres; dans les intervalles des lectures des instruments, ce trou était tenu fermé au moyen d'un épais tampon de mousse et d'argile.

En ce qui concerne l'expérience de la grosse racine, laquelle avait de $0^m,30$ à $0^m,50$ de circonférence, après l'avoir mise à nu sur la partie traversant la grotte, et percée de deux trous aussi près l'un de l'autre que possible pour recevoir les thermomètres, on a rapporté l'épaisseur de terre préalablement enlevée tout en ménageant vis-à-vis des instruments une ouverture ou trou permettant, en allongeant le bras, de les retirer de la racine pour les observer. L'ouverture de ce trou était comme ci-dessus maintenue fermée par un épais tampon de mousse et d'argile; d'ailleurs les thermomètres passés dans un bouchon de liège et maintenus dans la racine ne pouvaient marquer que la température de la racine elle-même.

La porte de la petite grotte était en bois, et tapissée sur les deux faces d'une couche de paille.

Dans les installations du tronc, les thermomètres étaient refoulés après chaque lecture jusqu'au centre de l'arbre d'où on les retirait au moyen d'une ficelle. Un bouchon de liège, long de plusieurs centimètres, fermait les trous aussi exactement que possible. Nous n'avons pas à dessein, comme M. Becquerel l'a fait, enduit nos trous de suif.

Tous les matins nous avons fait nous-même la lecture des thermomètres aussi exactement que possible.

Les observations commencées pour l'Orme, le 1er février 1872, ont été continuée jusqu'au 24 mai 1873, c'est-à-dire pendant près de treize mois.

L'expérience sur le Hêtre, commencée le 1er mai 1872, a été continuée jusqu'au 24 mai 1873, soit pendant environ treize mois.

Enfin l'expérience sur l'Érable plane, d'ailleurs moins complète a duré quatre mois, de février à mai 1872.

Sans doute ces installations ne sont pas sans reproche, et il est certain que des appareils enregistreurs comme il en existe aujourd'hui dans toutes les stations météorologiques eussent été bien préférables; néanmoins, telles qu'elles étaient, nous pensons qu'elles ne sont pas dépourvues de créance et que les résultats qu'elles donnent peuvent encore fournir dans certains cas des indications utiles.

Ne pouvant, eu égard au cadre dans lequel nous devons nous maintenir, reproduire tous les chiffres résultant de nos lectures, nous résumerons seulement les principaux faits qui semblent s'en dégager.

Température du sol. — De l'examen du graphique établi, il ressort que la température moyenne dans le sol où se trouve la plus grande masse des racines varie peu d'un jour à l'autre; que du commencement de février à la fin de mars elle s'est maintenue très régulièrement entre 5°,5 et 7°,5; que de la fin de mars à la fin de juillet elle s'est progressivement élevée jusqu'à 18° dans la proportion d'environ 2 degrés en avril, 2 degrés en mai, 4 degrés en juin, et 2°,5 en juillet; que du 1er août au 22 septembre elle est restée sensiblement stationnaire, entre 18° et 17°, pour arriver finalement à ce dernier chiffre. Enfin qu'à partir du 22 septembre elle a régulièrement et insensiblement baissé de manière à être pour

octobre de 11°,2, de 9°,80 pour novembre, 7°,94 pour décembre, et 4°,57 en février 1873, pour remonter à 6°,7 en mars à 8°,7 en avril et 11° en mai.

Les écarts sont à peine de 0°,5 entre les *minima* et les *maxima* et de 0°,2 à 0°,5 d'une journée à l'autre. Pendant les deux hivers qu'a duré l'expérience le thermomètre n'est jamais descendu au-dessous de zéro; la plus basse température constatée a été de 3°,4 le 18 février 1873 alors qu'elle était de — 8° à l'air; la température la plus élevée a été atteinte le 28 juillet 1872, elle a été de 18°,8 tandis que celle de l'air a été de 36°,5 le 22 du même mois.

Les expériences de MM. Becquerel au Jardin des Plantes, qui, pendant dix-huit ans ont déterminé la température du sol gazonné et dénudé, au moyen de thermomètres enregistreurs, avaient déjà établi cette grande différence entre la température du sol et celle de l'air, et de plus montré que le gazon et la neige offrent un obstacle considérable à la propagation de la température dans le sol[1].

Température dans le tronc. — La courbe des températures de la base du tronc nous montre que leur marche, tout en étant subordonnée à celle de l'air ambiant, est infiniment plus régulière dans ses variations, à ce point qu'il n'est pas rare de constater 3 ou 4 degrés de différence dans les moyennes et voir même cette différence aller jusqu'à 7 et 8 degrés (17 juin et 14 octobre); en d'autres termes, que les changements brusques de température ont peu d'influence sur celle de l'intérieur de l'arbre. En effet, si nous nous reportons au relevé général, nous voyons en février le thermomètre descendre cinq fois au-dessous de zéro et atteindre — 5°,5 le 28, tandis que le *minimum* de l'arbre reste à + 7°; en mars douze jours de gelée, la plus basse température a lieu le 26, elle est de — 6°,7, lorsque dans l'arbre elle est encore de + 5°.

En novembre, le 8, gelée brusque à — 1°, alors que la veille le *minimum* était de 8°,1, la température du tronc restait à 10°,7, soit ainsi près de 12 degrés de différence.

En décembre, du 5 au 13, cinq jours de gelée entrecoupés de journées à *minima* très bas, variant de 1°,6 à 5°,6; la température du tronc reste encore supérieure, mais nous la voyons cependant baisser; de 6°,6 qu'elle était le 4 elle arrive à 1°,7 le 13, jour de gelée pendant lequel on constate — 4°,1 à l'air.

1. Voir *Comptes rendus*, t. LXXV, p. 1415, 1871; t. LXXXIX, p. 1011, 1879 et t. XCII, p. 1753, 1881.

Mais en janvier 1873, où la température *minima* a été constamment basse, où elle s'est toujours tenue à quelques degrés au-dessus de zéro, et où elle n'a dépassé que deux fois + 5°, nous relevons, trois jours de gelée, dans le tronc, après une série de six jours où le thermomètre est descendu jusqu'à — 8°, savoir : pour le 29, — 0°,1 au *minima* et — 0°,4 au *maxima;* — 0°,5 le 30 au *minima* et — 0°,2 au *maxima;* enfin, le, 31 — 0°,9 au *minima*[1] et + 0°,1 au *maxima.*

Il semble donc bien établi par là *que les gelées arrivant subitement ne se font presque pas sentir dans l'intérieur des gros arbres et que pour qu'il gèle à l'intérieur de ceux-ci, il faut des froids prolongés et sans interruption.*

Quant aux températures *maxima,* nous constatons aussi les mêmes faits, les *maxima* survenant brusquement n'influent également que d'une manière très faible sur la température du tronc.

En voici quelques exemples : le 16 juin, la température à l'air monte à 31°,3, celle du tronc reste à 16°,5; les 17, 18 et 19 elle est à l'air de 29°,5, 31° et 31°,3; dans l'arbre elle est 17°,18° et 18°; le 22 juillet elle atteint à l'air 36°,5 lorsque dans le tronc elle reste à 19°,3. Mais le 31, tandis qu'elle est redescendue à 25° à l'air, dans l'arbre elle est encore à 19° et 18°,9 le 1er août, alors qu'elle n'est plus que de 21°,8 à l'air.

Nous nous sommes aussi préoccupé du retard des températures du tronc sur celles de l'air. Mais ces retards sont difficiles à évaluer par la raison, comme nous l'avons déjà dit, que les changements brusques et passagers de la température de l'air n'ont pas d'influence sur celle du tronc. Néanmoins, de la comparaison des courbes de la température moyenne de l'air et de celle du tronc, il semble ressortir que ce retard varie de un à trois jours; dans la très grande généralité des cas de un jour seulement.

Les écarts entre les moyennes diurnes de l'air et celles du tronc sont allées pour les *minima* jusqu'à 15°,5 (le 15 avril 1872, — 0°,5 contre 15°) et 17°,2 pour le *maxima* (le 22 juillet, 36°,5 contre 19°,3). Il n'y a pas de doute que, pour les arbres plus gros, il n'existe de plus grandes différences.

La courbe des températures du haut de l'arbre se comporte dans son ensemble comme celle de la base, sauf qu'elle est beaucoup

1. Même chiffre qu'à l'air.

plus sensible aux variations, ce qui la rapproche de celle de l'air ambiant. Nous voyons, en effet, si nous prenons les mêmes points de comparaison, le 28 février, jour de gelée à — 5°,5, le thermomètre descendre à + 1° dans le haut, tandis qu'il reste à + 7° dans le bas; le 8 novembre il tombe à 7°,6 et reste dans le bas à 11°; à la fin de janvier on constate cinq jours de gelée avec — 1°,3 pour la plus basse température; tandis que dans le bas il n'y en a que trois avec 0°,9 de *minima;* en février 1873 on relève quatorze jours de gelée contre dix-neuf à l'air, tandis qu'il n'y en a pas pour le bas.

Quant aux températures *maxima*, le 19 juin, alors que le thermomètre à l'air donne 31°,3 et 18° dans le bas de l'arbre, la température du haut s'élève à 25°; le 26 juillet elle atteint 26° tandis qu'elle n'est que de 19°,3 dans le bas et 33°,3 à l'air. Comme on le voit la différence a été jusqu'à 6° pour les *minima* (le 28 février + 1° contre + 7°) et 6°,7 pour les *maxima* (le 26 juillet 26° contre 19°,3). De ces faits on peut donc conclure, ce qui est d'ailleurs également connu, que plus les tiges ou les branches sont petites, plus leur température interne se rapproche de celle de l'air ambiant, et que par rapport aux gelées ou aux extrêmes chaleurs, les changements brusques de température seront toujours moins dangereux, toutes choses étant égales d'ailleurs, que les températures extrêmes à longue action, ce qui a une importance considérable.

Température des racines. — La température des racines est subordonnée à celle du sol; mais moins bonnes conductrices de la chaleur que la terre, plus elles sont grosses, plus elles échappent aux variations brusques auxquelles le sol lui-même, nous l'avons vu, est de son côté peu sensible. Dans nos expériences la différence entre les températures du sol et celles de la racine a rarement été plus de quelques dixièmes de degrés. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'elle a atteint 0°,6 sans jamais aller jusqu'à 1°; très souvent les deux températures ont coïncidé.

Il ressort aussi de nos observations que ce n'est qu'en août que les températures du sol et de la racine atteignent leur maximum, tandis que pour l'air et la tige c'est en juillet.

Si nous faisons la somme des températures moyennes de l'année nous voyons que c'est le haut du tronc qui a reçu la plus grande quantité de chaleur (4136°) et en second lieu la base de la tige (4108°); puis le sol (4069°), la racine (3895°), et en dernier lieu l'air ambiant (3836°).

Le Hêtre, sur lequel les observations ont duré comme nous l'avons déjà dit un an, du mois de mai 1877 au mois de mai suivant, donne avec de légères variations les résultats de l'Orme, nous les résumons ainsi :

Température à l'air...........	Somme des moyennes mensuelles	minima	66°,63
	— — —	maxima	181°,46
	Quantité de chaleur reçue		3775°,00
Température dans le sol à 1 mètre de profondeur............	Somme des moyennes mensuelles	minima	125°,21
	— — —	maxima	136°,23
	Quantité de chaleur reçue		3989°,50
Température dans la grosse racine......................	Somme des moyennes mensuelles	minima	120°,95
	— — —	maxima	127°,49
	Quantité de chaleur reçue		3786°,50
Température à la base du tronc.	Somme des moyennes mensuelles	minima	120°,00
	— — —	maxima	145°,00
	Quantité de chaleur reçue		3933°,50

Comme pour l'Orme on constate aussi un faible écart entre les températures *minima* et *maxima* du sol, de la grosse racine et de la base du tronc.

Les observations du haut de l'arbre n'ayant duré que quatre mois (janvier, février, mars et avril 1873) nous ne pouvons les faire entrer en comparaison. Cependant si l'on observe les chiffres relevés pendant ces quatre mois et qu'on les rapproche de ceux des autres stations du même arbre, on trouve pour ces quatre mois les sommes de moyenne que voici par ordre de décroissance :

Base de la tige.......	minima.......	21°.45	moyenne......	25°.89
	maxima.......	30°.30		
Sol.................	minima.......	24°.08	—	25°.48
	maxima.......	26°.84		
Grosse racine........	minima.......	24°.30	—	25°.30
	maxima.......	26°.10		
Dans l'air...........	minima.......	6°.65	—	23°.82
	maxima.......	41°.00		
Dans le haut.........	minima......	16°.74	—	23°.19
	maxima.......	29°.64		

et chez l'Orme pour la même période :

Tronc...	minima...	22°.50	maxima...	28°.75	moyenne.....	25°.62
Sol.....	— ...	27°.08	— ...	26°.89	—	25°.48
Racine..	— ...	24°.30	— ...	26°.10	—	25°.20
Air.....	— ...	6°.65	— ...	41°.00	—	23°.82
Haut....	— ...	16°.58	— ...	28°.50	—	22°.54

c'est-à-dire des résultats très peu différents.

Nous avons également noté dans nos observations les écoulements de la sève ou de l'eau contenue dans le tronc des arbres

par les trous que nous y avions pratiqués, afin de voir s'il n'existait pas un rapport constant entre cet écoulement et les températures relevées; mais à notre grand regret nous n'avons pu saisir de relations précises entre ces deux ordres de phénomènes; nous n'avons pas été plus heureux en faisant intervenir deux éléments des plus importants, la pression barométrique et le degré hygrométrique de l'air.

Nous dirons toutefois qu'il semble ressortir de l'examen des faits que l'écoulement séveux dépend de la réunion de causes multiples dont les principales sont la température, les basses pressions, un degré hygrométrique peu élevé et un air calme. Mais le froid seul ne suffit pas pour arrêter l'écoulement en question, car, pour ne citer qu'un exemple, le 30 janvier 1873, la température minima est à l'air de — 4°,5 dans la racine, dans le sol à + 5°, dans le bas du tronc à 0°,2 et dans le haut à — 1°, 7; le baromètre marque 753 et l'hygromètre à cheveux 791. Nous notons de plus un vent très froid et un ciel couvert, néanmoins nous constatons un écoulement abondant chez l'Orme.

D'ailleurs nous avons constaté, contrairement à ce que l'on aurait pu croire, que les écoulements ou mouvements de liquide dans les arbres pendant la morte saison sont très fréquents; on pourrait même dire que c'est le contraire qui est l'exception : c'est ainsi que nous notons pour l'Orme, en novembre 1872, dix-neuf jours d'écoulement, vingt-quatre en décembre, dix-huit en janvier 1873, quinze en février, vingt-sept en mars, trente en avril et vingt-six en mai.

Cet écoulement était quelquefois si abondant que les trous des thermomètres étaient littéralement pleins de liquide.

Toutefois la température semble bien rester la principale cause de l'écoulement, car nous voyons que les jours de non écoulement, en février, mars, avril et mai, sont des jours où le thermomètre est descendu au-dessous de zéro. Cette relation s'observe également pour les mois d'été; c'est ainsi qu'en juin 1872, nous voyons trois jours de non écoulement pendant lesquels les minima sont de 3°,5 à 6 degrés.

Influence qu'ont exercés les grands froids de l'hiver 1879-1880 sur les principales espèces forestières et ornementales cultivées à Grignon.

Les arbres ou arbrisseaux dont il est question ci-dessous et que nous énumérons en suivant l'ordre alphabétique des noms français

se trouvent soit dans les bois de l'École dont l'étendue est d'environ 130 hectares[1], soit dans le parc anglais, soit dans les collections botaniques et dendrologiques.

Nous croyons devoir rappeler que le sol de Grignon est, dans la très grande généralité des cas, calcaire avec sous-sol crayeux, c'est-à-dire très défavorable pour la plus grande partie des espèces ligneuses qui y sont cultivées.

Rappelons enfin que Grignon, situé dans un bas-fond formant cuvette, a des températures extrêmes, sensiblement plus élevées qu'à Paris, et que déjà en 1870-1871, on a relevé des températures de — 23 degrés.

Abricotier commun (*Armeniaca vulgaris*). — Arbre de 6 à 8 mètres, originaire, suivant les uns, de l'Arménie, et, suivant d'autres, de la Chine; il a été entièrement détruit. Cependant un gros pied situé dans les fossés du château a résisté; chez M. Croux dans la vallée d'Aunay près Sceaux, où il en existe de beaux spécimens, la plupart n'ont perdu que leur cime et se refont peu à peu.

L'*Abricotier de Géorgie* a été gelé jusqu'au niveau de la neige.

Ailante glanduleux (*Ailantus glandulosus*). — A parfaitement résisté, si ce n'est que les jeunes plantes ont eu leurs pousses gelées sur une plus grande longueur que d'habitude.

Ajonc d'Europe (*Ulex europeus*). — A été entièrement détruit même la souche située sous la neige. Le sol sablonneux artificiel dans lequel il vivait à Grignon était d'ailleurs une cause de faiblesse.

Alisier (*Sorbus*). — Les Alisiers blancs, à larges feuilles, hybrides et torminal, ont parfaitement résisté depuis les plus jeunes sujets jusqu'aux arbres de plus fortes dimensions. On sait d'ailleurs que ces arbres appartiennent à la flore septentrionale ou des hautes régions froides; seul l'Alisier du Népaul (*Sorbus vestita*) a péri.

Amandier (*Amygdalus*). — L'Amandier commun, qui est originaire des régions méditerranéennes, a gelé; les jeunes individus ont repoussé de souche, mais un gros pied qui était dans le verger a été tué. Nous devons constater que cette espèce est néanmoins très rustique à Grignon, et cela grâce à la nature calcaire du

1. Voy. pour plus de détails à ce sujet les *Annales agronomiques*, 1877.

terrain qui lui convient bien. C'est ainsi qu'en 1870-1871 le pied dont il est question ci-dessus a résisté à — 23°, et très souvent à — 15°, — 16° et même à — 18°; des individus beaucoup plus jeunes résistent constamment à — 15° et — 16 degrés.

Les variétés de l'Amandier cultivé ont été aussi détruites. Les *A. incana* du Caucase et *A. campestris* de Hongrie ont résisté.

AMÉLANCHIER. — Un gros pied d'*A. botryapum*, originaire du Canada, âgé d'une cinquantaine d'années, a parfaitement résisté.

L'*A. vulgaris*, espèce indigène, a également très bien résisté.

AMORPHA (*Amorpha fructicosa*). — Petit arbrisseau de 3 à 4 mètres, originaire de l'Amérique du Nord, n'a eu que ses sommités détruites.

AMPELOPSIDES. — Les *A. quinquefolia*, *hederacea*, ont eu leurs jeunes pousses détruites, mais l'*A. aconitifolia* de la Chine boréale a bien résisté.

ANDROMÈDE. — L'Andromède, à feuilles de pouliot (*Andromeda pelifolia*), des forêts marécageuses de l'Europe septentrionale et des hautes montagnes des Pyrénées a eu seulement ses jeunes pousses détruites.

ARALIA ÉPINEUX (*Aralia spinosa*). — L'*A. spinosa* de la Caroline a parfaitement résisté. Chez M. Croux, à Sceaux, deux magnifiques pieds d'*A. chinensis*, variétés *intermedia* et *dimorphantus* ont assez bien résisté.

ARAUCARIA (*A. imbricata*), des montagnes du Chili a gelé.

ARBOUSIER (*Arbutus*). — L'Arbousier, arbrisseau ou petit arbre de 5 à 6 mètres, originaire de l'Europe et de l'Asie a gelé jusqu'au niveau de la neige; il a repoussé et est aujourd'hui magnifique.

ARGOUSIER (*Hippophaë rhammoïdes*). — Cet arbre que l'on rencontre sur les dunes de la mer, sur le bord des torrents du sud-est et du bassin du Rhône a parfaitement résisté; il a seulement un peu souffert.

ARONIE (*Aronia*). — Ces arbres qui sont originaires des parties froides de l'Asie et de l'Amérique ont bien résisté, citons notamment l'*Ar. melanocarpa*, et l'*Ar. floribunda*.

AUBÉPINE (*Cratœgus*). — Les espèces indigènes, Aubépine blanche (*C. oxyacantha*) et Aubépine monogyne (*C. monogyna*) ont bien résisté; quelques individus ont seulement été fatigués ainsi que leurs variétés. L'Aubépine azerolier plus méridional a lentement dépéri. Parmi les espèces exotiques les *C. oliveriana*, *lobata*, *fim-*

briata, *punctata*, *acerifolia*, *crus-galli*, *cuneata*, *tanacetifolia*, *coccinea* ont résisté.

Aune (*Alnus*). — L'Aune glutineux que l'on rencontre dans les endroits humides et le long des cours d'eau de la France, de la Corse et de l'Algérie jusqu'à des altitudes considérables, a bien résisté[1].

L'*Aune blanc* (*Al. incana*) de l'Europe centrale a également bien résisté. Les jeunes pieds de l'Aune cordiforme (*Al. cordata*) des hautes régions de la Corse, ont gelé jusqu'au niveau de la neige; recépés, ils ont repoussé vigoureusement. Un gros pied d'une soixantaine d'années a beaucoup souffert, ses branches et le sommet de sa tige ont été détruits jusqu'au tronc; taillé, il a repris peu à peu et aujourd'hui il est d'une grande vigueur. L'*Aune cordiforme* peut donc être regardé comme une espèce relativement rustique.

L'Aune *d'Orient* des montagnes de l'Asie a résisté.

Baguenaudier (*Colutea arborea*). — Cet arbre a gelé jusqu'au sol; recépé, il a repoussé.

Bouleaux (*Betula*). — Arbres originaires des régions froides de l'hémisphère boréal. Les *B. alba* et ses variétés, *B. pubescens*, *B. lenta*, *B. papyrifera*, *B. nigra*, *B. populifolia*, *B. urticifolia*, *B. bhojpaltra*, n'ont pas souffert. A Trianon de très beaux pieds de *B. lenta* ont résisté.

Buis (*Buxus*). — Le Buis commun originaire des régions tempérées et chaudes de l'Europe et de l'Asie occidentale a relativement bien résisté, notamment sur le versant sud des bois de l'École (*la côte au buis*); il a également bien résisté dans les massifs du bois dit du *labyrinthe*, grâce sans doute à l'abri des arbres composant le taillis; mais une grande et belle allée bordant au nord-est cette pièce de bois plantée de buis âgé d'environ cent trente ans et qui était, par conséquent, de toute beauté a été détruite. Cependant la partie la plus élevée de cette allée n'a que peu souffert, ce qui nous fait supposer que la partie inférieure a dû subir un froid de plus de —26°,5. Plusieurs pieds ont été recepés et ont bien repoussés.

Le Buis des Baléares (*B. balearica*) a entièrement gelé.

1. Cependant M. Baltet dit dans son livre (p. 171), avoir vu dans un sol marécageux des taillis jeunes qui ont eu l'écorce fatiguée.

Les jeunes cépées des taillis ont été souvent détruites jusqu'au sol; les rejets qui ne sont pas morts ont subi de très graves détériorations, ils ont perdu leurs sommités, et sur la tige, des parties importantes ont été tuées qui ont exigé plusieurs années pour se cicatriser; enfin chez certains autres rejets, l'écorce et le cambium ont été entièrement détruits et ils doivent leur reprise, comme nous l'avons dit plus haut, au tissu fondamental des rayons médullaires qui a pu reconstituer le tissu générateur. Mais aujourd'hui encore on voit dans le bois de ces rejets une ligne concentrique noire formée de cellules mortes qui n'est autre que l'ancienne couche du cambium. Les pieds d'âge moyen ont moins souffert.

Dans les environs de l'École, à Villiers-le-Sec, dans la forêt de Marly, dans les bois de Saint-Cyr et de Nauphle-le-Château de gros arbres ont été tués, ils ont été beaucoup moins résistants que ceux d'âge moyen, surtout dans les endroits à sous-sol imperméable.

Chêne (*Quercus*). — On trouve dans les bois de Grignon deux espèces de chêne, le *Ch. pédonculé* (*Q. pedunculata*) et une variété à larges feuilles du *Ch. pubescent* (*Q. pubescens*). Les gros arbres de ces deux espèces ont seuls soufferts; plusieurs ont perdu leurs principales branches et ont eu leur tige en partie gelée; on a dû les abattre. Dans la forêt de Marly le *Ch. rouvre à larges feuilles* (*Q. robur latifolia*) a d'une manière générale bien résisté.

Quant aux espèces étrangères à Grignon et exotiques qui composent la collection, voici comment elles se sont comportées.

Le *Ch. pubescent* à petites feuilles (*Q. sessiliflora pubescens*) des sols calcaires du sud-ouest (Charentes, Dordogne, Gironde, Lot-et-Garonne) et que l'on trouve aussi dans le Midi a bien résisté ainsi que sa variété à *feuilles lacimées*.

Le *Ch. à trochets* (*Q. sessiliflora, glomerata*) des mêmes contrées a également très bien résisté malgré son jeune âge.

Le *Ch. des Apennins*, *Ch. bâtard* (*Q. sessiliflora apennina*), aussi des mêmes régions, a également bien résisté. Nous pensons que la résistance de ces trois variétés doit être en grande partie attribuée à la nature du terrain calcaire de Grignon qui est bien appropriée à leur tempérament et où ils poussent vigoureusement.

Ch. Tauzin (*Q. Tozza*). L'École ne possédait pas en 1879 cette espèce, mais le beau pied qui était à Trianon a été détruit après avoir résisté à l'hiver de 1870-1871.

Ch. chevelu (*Q. cerris*) du Midi de l'Europe. Un pied d'une

cinquantaine d'années a résisté, mais sa cime a souffert et son tronc a contracté une gélivure.

Un pied de *C. vert* (*Q. ilex*) du même âge que le précédent a été détruit jusqu'au sol. Avant 1879-1880 ce Chêne avait résisté bien des fois à des températures de — 15° et en 1871 à — 23°. Recépé, il repousse vigoureusement et aujourd'hui il a des rejets de près de 4 mètres de haut portant de nombreux glands.

Le *Ch. kermes* (*Q. coccifera*) a été détruit quoique couvert de paille. Des jeunes pieds de *Ch. blanc* (*Q. alba*) et de *Ch. rouge* (*Q. rubra*) d'Amérique ont résisté. Un *Ch. à gros fruits* (*Q. macrocarpa*) d'une cinquantaine d'années a très bien résisté.

A Trianon les *Ch. liège* et *faux liège* ont gelé ainsi que les magnifiques pieds de *Ch. à feuilles de saule* (*Q. phellos*). Mais les *Q. rubra, Q. coccinca, Q. macrocarpa* ont parfaitement résisté. Il en a été de même des *Ch. rouge* et *coccine* du parc du palais de Rambouillet introduits par André Michaux en 1786.

Chez M. Croux à Sceaux un magnifique pied de *Q. tinctoria* de l'Amérique du Nord a résisté à 30 degrés.

Au Muséum à Paris les *Q. Ilass* et *Q. cuspidata* d'Orient n'ont pas souffert.

CHICOT DU CANADA (*Gymnocladus canadensis*). — Grand arbre originaire de l'Amérique du Nord. Tous les individus qui sont à l'École, âgés depuis deux à trois ans jusqu'à quarante à quarante-cinq ans ont très bien résisté et n'ont nullement paru souffrir.

CLEMATITES (*Clematis*). — Les *Cl. blanches* (*Cl. flammelle* et *Cl. cirrhense* indigènes ont gelé jusqu'au niveau du sol ainsi que la *Cl. patens*.

COGNASSIER *commun*. — Le cognassier commun, originaire d'Orient, a beaucoup souffert mais n'a pas été détruit. Le *C. du Japon* (*Chenomèle*) a gelé jusqu'au sol et a repoussé.

CORNOUILLER (*Cornus*). — Les bois de Grignon contiennent beaucoup de *Cornouillers mâles*. Les jeunes rejets et ceux d'âge moyen (vingt à quarante ans) ont bien résisté, mais beaucoup d'individus âgés, par conséquent les plus beaux, ont souffert : leur tronc s'est fendu et il s'est produit des gélivures qui ne sont pas encore aujourd'hui cicatrisées.

Le *C. sanguin* s'est montré partout très résistant.

CORONILLE *en arbre* (*Coronilla emerus*). — Originaire du Midi de l'Europe, a gelé jusqu'au sol et a repoussé.

sol. Cet arbre ne résiste pas à Grignon a une température dépassant — 12-14 degrés.

Frêne (*Fraxinus*). — Le Frêne commun ou Frêne élevé (*F. excelsior*) n'a que très légèrement souffert ainsi que ses variétés *monophylla*, *pendula*, *aurea* et *atrovirens*. Le *F. oxyphylla* du Midi a résisté. Le *F. blanc* d'Amérique (*F. alba*) a aussi très bien résisté, ainsi que les *F. platycarpa*, *F. cinerea*, *F. mandshurica* de l'Asie, et le *F. pubescens* de l'Amérique. Le *F. ornus* de l'*Europe australe* a été très éprouvé. Sur trois gros pieds deux sont morts, et le troisième a perdu sa cime. Des jeunes pieds de douze à quinze ans ont été gelés jusqu'au sol et ont repoussé. Au Muséum et chez M. Croux les gros pieds ont bien résisté.

Gainier (*Cercis*). — Le Gainier commun, originaire de l'Orient et du midi de l'Europe a été complètement gelé à l'École; plusieurs gros pieds d'une cinquantaine d'années qui avaient déjà souffert des — 23° de l'hiver 1870-1871 n'ont pu supporter les — 27° de 1879. Mais les jeune individus d'une dizaine d'années n'ont gelé que jusqu'au niveau du sol ; recoupés ils ont repoussé. Au Muséum plusieurs gros pieds après avoir beaucoup souffert ont repris peu à peu.

Genêt (*Genista*). — Le Genêt d'Espagne (*Spartium junceum*) a gelé jusqu'à la terre et a repoussé; il en a été de même du *G. tinctoria*; mais les *G.* à balais (*Sorothamnus vulgaris* et *G. blanchâtre*, *G. candicaus*) ont complètement gelé et n'ont pas repoussé.

Genévriers (*Juniperus*). — Le Genevrier commun n'a été que fatigué et s'est refait; ses variétés *hibernica* et *reflexa* ont également bien résisté. Les *J. drupacea*, le *J. macrocarpa* et le *J. oxycedrus* ont seulement perdu leurs sommités. Les *J. phenicea*, *J. lycia* et *J. excelsa* ont été détruits. Ont complètement résisté le *J. virginiana* et ses variétés, le *J. sabina*, le *J. squammata*, le *J. glauca*, le *J. turifera* et le *J. sinensis*.

Ginkgo (*Ginkgo*). — Le *G. biloba* ou *salisburia adiantifolia*, grand arbre originaire de la Chine et du Japon, a parfaitement résisté.

Glycine. — Les Glycines ont gelé à Grignon, mais ailleurs quand elles ont trouvé un abri elle ont été à demi résistantes.

Grenadier (*Punica*). — Le Grenadier commun quoique entouré de feuilles a gelé jusqu'au sol et a repoussé.

Gui (*Viscum album*). — Le Gui commun d'habitude si résistant a gelé; toutes sa partie aérienne sans exception a été détruite; mais il n'en a pas été de même de ses *racines* implantées, comme on le sait, dans les tiges ou les branches des arbres sur lesquels il vit; dans la plupart des cas cette partie de l'individu a repoussé, et les arbres qui à la sortie de l'hiver paraissaient débarrassés de leur parasite se sont trouvé de nouveau aux prises avec lui.

Hêtre (*Fagus*). — Le Hêtre commun, qui appartient aux régions montagneuses et septentrionales de l'Europe, vient admirablement à Grignon; les individus de 25 à 30 mètres de hauteur sur 3 à 3m,50 de circonférence ne sont pas rares. Cette essence à très bien résisté. Nous n'avons vu aucun individu ayant souffert. Le *Hêtre à feuilles pourpres*, variété du Hêtre commun, a également très bien résisté ainsi que les variétés *asplenifolia*, *tortuosa* et *monstruosa*.

Houx (*Ilex*). — Le Houx commun des régions chaudes et tempérées de l'Europe a gelé ainsi que ses variétés. Recepé il a repoussé de souche. Les *I. æstivalis* de la Pensylvanie, *I. vomitoria* des États du Sud ont gelé entièrement. Ces deux espèces ne semblent pas devoir supporter dans les terres de Grignon plus de — 15 à — 18 degrés.

If (*Taxus*). — L'If commun (*T. baccata*), que l'on rencontre dans toute l'Europe, jusqu'au 61e degré en Suède et même dans le nord de l'Afrique, a beaucoup souffert à Grignon; les jeunes pieds ont été gelés jusqu'au sol et ceux âgés de quarante à cinquante ans ont perdu la presque totalité de leurs sommités et de leurs ramifications; ce qui restait de la tige et des principales branches a été aussi très fortement endommagé, de sorte que les uns ont dû être arrachés et les autres recepés. Toutefois on a pu conserver un assez beau pied centenaire qui, grâce à un léger abri que lui ont donné des tilleuls voisins, n'a perdu que sa flèche. Les nombreuses variétés de cet arbre ont également beaucoup souffert et ont du subir la taille et le recepage.

Indigotier (*Indigofera*). — Les *I. decora* de la Chine, et *I. dosua* des régions froides du Népaul ont gelé jusqu'au sol, et ont repoussé de souche.

Jasmin (*Jasminum*). — Les *J. fruticans* de l'Europe méridionale, *J. humile* d'Italie, *J. affine* des Indes orientales, *J. revolutum* du Népaul, *J. nudiflorum* de Chine et *J. officinale* de l'Europe méridionale ont gelé jusqu'au sol.

du mois de décembre 1879, presque tous les individus jeunes ou vieux ont été détruits, quelques-uns seulement ont pu repousser de souche. Il n'y a pas de doute pour nous que la nature calcaire du sol de Grignon qui convient peu à peu à cette essence n'ait été une cause d'affaiblissement de cette espèce.

Nerprun (*Rhamnus*). — Le Nerprun alaterne (*Rh. alaternus*) à feuilles persistantes des contrées méridionales a gelé jusqu'à la souche et a repoussé. Néanmoins cette espèce doit être considérée comme rustique, car elle a souvent résisté à — 15° et même à — 18°. Le *Rh. latifolius* des Açores a également gelé jusqu'au sol et a repoussé. Les *Rh. utilis*, *viridis*, *Billardri*, *chlorophorus*, *infectoria*, *cathartica*, *saxatiles* et *frangula* se sont montrés robustes.

Noisetier (*Corylus*). — Le Noisetier commun (*C. avellana*) est très répandu dans les bois de Grignon ; sauf les vieilles tiges déjà affaiblies par l'âge et qui ont été très éprouvées, cette essence a bien résisté. Le *C. tubulosa* de la collection dendrologique a souffert davantage. Le Noisetier de Bysance (*C. colurna*) a bien résisté au Muséum.

Noyer (*Juglans*). — Le Noyer commun (*J. regia*) originaire de l'Orient a beaucoup souffert. La plupart des gros pieds qui existaient à l'École ont perdu la plus grande partie de leur cime ; le tronc même a été souvent très détérioré, et un certain nombre ont dû être abattus. Les jeunes pieds de quinze à vingt ans de la collection dendrologique ont beaucoup mieux résisté, ainsi que les diverses variétés *J. heterophylla*, *J. laciniata*, *tenera*, *dura*, *serotina et ovata*.

Les *J. nigra* et *J. cinerea* de l'Amérique du Nord ont résisté. Chez M. Croux le *J. mandshurica* a résisté.

Orme (*Ulmus*). — L'Orme champêtre de l'Europe tempérée et méridionale ainsi que du nord de l'Afrique a été d'une manière générale très fatigué ; ce sont surtout les individus âgés qui ont souffert, beaucoup ont perdu leur ramification et même une bonne partie de leur cime ; les gélivures et les épanchements de sève se sont montrés très nombreux depuis 1879 ; la plupart des plus atteints ont été fort longs à se remettre ; un grand nombre ont été en périclitant de plus en plus chaque année au point qu'on a été obligé de les abattre ; aujourd'hui les conséquences du grand hiver se font encore gravement sentir sur les plus beaux individus du

parc et il est à craindre qu'il ne se relèvent jamais de la terrible secousse qu'ils ont éprouvée. Les jeunes ormeaux de dix à soixante-dix ans se sont montrés bien plus vigoureux et il y en a eu peu qui aient gravement souffert. Les variétés, *mycrophylla purpuracens*, *pyramida* ou *fastigiata* et *nana* n'ont pas souffert.

L'*Orme des montagnes* (*U. montana*) du centre de l'Europe a beaucoup mieux résisté que le précédent; ses variétés ont également bien résisté. Les Ormes d'Amérique (*U. americana* et *U. fulva*) se sont montrés robustes. Toutefois dans la tige du *fulva* il s'est déclaré une longue gélivure qui s'est difficilement cicatrisée.

Paliure (*Paliurus*). — Le Paliure *épineux* des lieux incultes du Midi a gelé jusqu'au sol et a repoussé de souche.

Parrotie (*Parrotia*). — Le *P. persica*, de la Perse, arbre encore peu connu, s'est montré très résistant à Grignon.

Paulownia. — Le *P. imperialis*, originaire du Japon, a été peu résistant; un gros pied de 12 mètres de hauteur sur 1m,80 de circonférence, qui avait résisté aux — 23° de l'hiver 1870-71, a été tellement fatigué en 1879 qu'on a dû l'abattre. Les jeunes individus ont été complètement tués jusqu'à la souche, ils ont été recepés et ont repoussé de vigoureux rejets. Dans les plantations de Paris, ils n'ont pas souffert, mais ceux du bois de Boulogne et du bois de Vincennes ont été tués en grand nombre.

Pavier (*Pavia*). — Un pied de *P. rubra* (Caroline et Virginie) d'environ cinquante ans et greffé sur marronnier a été détruit; mais ceux des collections botanique et dendrologique plus jeunes ont résisté. Le *P. flava* ou *lutea*, *Pavier jaune* du centre des États-Unis, cinquante ans, franc de pied et greffé sur marronnier a résisté. Les *P. californica* et *P. macrostachya* ont gelé.

Pêcher (*Persica*). — Le Pêcher commun (*P. vulgaris*), originaire de la Chine ou de la Perse, a gelé ainsi que ses variétés ornementales; quelques individus seulement de la pépinière provenant de semis ont repoussé de souche ainsi que les *Brugnons* provenant également de semis.

Ceux cultivés en espalier ont été également gelés. M. Baltet dans son livre (p. 263) cite plusieurs cas ou des variétés fruitières abritées le long d'un mur ont pu être sauvées.

Periploque (*Periploca*). — Le Periploque ou bourreau des arbres (*P. Græca*) qui est très beau à Grignon a bien résisté.

Peuplier (*Populus*). — Les Peupliers *blanc*, *argenté* (*P. nivea*),

grisaille (ou *grisard*), *Tremble*, du *Canada*, *Simonis*, *Baumier*, et du *lac Ontario* ont résisté. Les vieux Peupliers d'Italie ont beaucoup souffert tandis que les jeunes ont bien résisté; le Peuplier *anguleux* ou de la Caroline a gelé complètement. Mais à Paris et dans les environs les individus d'un certain âge ont parfaitement résisté.

Philaria (*Phyllirea*). — Les *P. angustifolia*, *media* et *latifolia* de la région méditerranéenne ont gelé, mais leur souche a repoussé.

PHOTINIE (*Photinia*). — Le *Ph. serrulata* de la Chine et ses variétés *rotundifolia* et *glabra* ont gelé ainsi que le *Ph. arbutifolia* de la Californie. Ces arbrisseaux ne semblent pas devoir supporter plus de — 15° de froid à Grignon.

PIN (*Pinus*). — Les Pins indigènes ou de l'Europe qui ont résisté à Grignon sont les suivants :

P. sylvestris, *P. montana* et ses variétés *uncinata* et *mughus*. Les *P. Laricio*, *corsica*, *austriaca*, *monspeliensis*, et *taurica* ou *pallasiana ;* cependant quelques gros pieds de Laricio de Corse sont morts au printemps des suites de l'hiver. Trois pieds d'une cinquantaine d'années de *P. maritima* qui avaient résisté en 1870-71 ont été tués. On sait que les forêts de la Sologne composées de *Pins maritimes* ont été anéanties, qu'il n'y a eu que les individus couverts par la neige et à l'état de graine qui ont été épargnés. Il en a été de même pour cinq pieds de *P. pinea* du même âge. Mais l'individu de cette dernière espèce de la collection dendrologique, âgé d'une quinzaine d'années, n'a été gelé que jusqu'à la neige; deux branches du bas ont été épargnées et sont aujourd'hui très belles. Le *Pin d'Alep* a succombé ainsi que le *Pin des Pyrénées*.

Parmi les Pins exotiques, les *P. Strobus*, *P. Monticola* et *Peuce* ont résisté. Le *P. excelsa* a gelé; sur une trentaine de pieds âgés d'une douzaine d'années, que possédait l'école deux seulement après avoir beaucoup souffert se sont rétablis.

Les *P. densiflora*, *inops*, *Bungeana*, *tuberculata*, *rigida*, *contorta* ont résisté. Les *P. fremontiana*, *Brutia*, *Muricata*, *sinensis*, *Feuzleyi*, *insignis*, *flexilis*, *Montezumæ*, *tæda*, *sabiniana*, *ponderosa* et *coulteri* ont gelé.

PISTACHIER (*Pistacia*). — Les *P. vera* et *P. lentiscus* de la collection ont été complètement gelés. Le *P. terebinthus* plus septentrional a repoussé, et est aujourd'hui très vigoureux.

PIVOINE ARBORESCENTE. — Les Pivoines en arbre, *Pæonia moutan*

recouvertes par la neige ont résisté, les sommités seulement ont été gelées.

Planère (*Planera*). — Le *Pl. crenata* de Crimée et du Caucase qui était représenté à Grignon par un beau pied de près de 20 mètres de haut, a perdu ses branches et a eu sa tige tellement détériorée qu'il n'a pu se remettre, on a dû l'abattre. Celui du Trianon encore plus beau a été plus heureux, quoique fortement détérioré il paraît devoir être sauvé.

Plaqueminier (*Diospyros*). — Le Plaqueminier *de Virginie* a été demi résistant sur deux pieds de même âge (cinquante ans) que l'École possédait; un a été tué et l'autre seulement très éprouvé. Mais le Plaqueminier *d'Italie* (*D. lotus*) a gelé jusqu'au sol et a ensuite repoussé vigoureusement.

Platane (*Platanus*). — Grignon possède de beaux spécimens de Platanes; il y en a notamment un qui mesure environ 32 mètres de hauteur sur $4^m,50$ de circonférence à 1 mètre du sol, et qui appartient à la variété d'Occident (*P. occidentalis*).

Presque tous ces arbres ont été très fatigués, notamment le gros dont il est question ci-dessus qui a perdu une bonne partie du côté nord de son immense cime; depuis, il paraît chaque année de moins en moins vigoureux; les autres au contraire se sont refaits et ne paraissent plus avoir souffert.

Poirier (*Pyrus*). — Le Poirier commun, type sauvage issu de semis a résisté; mais dans cette résistance on a remarqué des degrés. Tandis que certains individus n'ont pas paru avoir souffert, d'autres, à la sortie de l'hiver ont semblé tout à fait morts; l'écorce et le cambium étaient détruits et ne se sont refaits que peu à peu, comme nous l'avons expliqué plus haut en parlant du Châtaignier. Quant aux variétés cultivées pour leur fruit en hautes et basses tiges, très peu ont résisté. Il ne nous a pas semblé que cette résistance dût être attribuée plutôt à certaines variétés qu'à d'autres, mais avant tout à l'âge et à la vigueur des individus; dans la campagne des environs de Grignon, notamment dans les plaines siliceuses de Feucherolles et de Saint-Nom, qui conviennent bien au Poirier, beaucoup d'individus de plein champ ont été épargnés.

Parmi les variétés ornementales, les *P. salicifolia* du Caucase, et le *P. Bolwilleriana* ont résisté.

Pommier (*Malus*). — Le Pommier commun (*M. communis*), et ses variétés de culture, semble s'être comporté à Grignon comme le

poirier, si ce n'est que les cas de résistance ont peut être été plus nombreux.

Le *M. acerba* n'a pas souffert. Les *M. microcarpa* de la Chine (*spectabilis*, *floribunda* et *toringo*) ont bien résisté.

PRUNIER (*Prunus*). — Les vieux pieds de Prunier domestique (*P. domestica*), et de Prunier sauvage (*P. insititia*), ainsi que leurs nombreuses variétés de culture n'ont pas très bien résisté. Mais les jeunes individus de ces espèces ont au contraire été très robustes. Les Pruniers *Reine Claude* ont été particulièrement résistants. Le *P. brigantiaca* a résisté. Les vieux pieds de *P. spinosa* ont été détruits, tandis que ceux plus jeunes ont été épargnés; sa variété à fleurs doubles n'a pas souffert. Les *P. myrobolana* d'Orient, *P. cocomilio* d'Italie, *P. Americana* Mursh, *P. nigraditon* de l'Amérique du Nord ont également bien résisté.

PTELEA (*Ptelea*). — Le Ptelea à trois feuilles, originaire de la Caroline, a résisté.

PTEROCARYER (*Pteocarya*). — Les *P. caucassica*, *P. fraxinifolia* de la Russie et *P. stenoptera* de l'Asie septentrionale ont bien résisté.

RAPHIOLEPIS (*Raphiolepis*). — Les *R. crassifolia*, *R. rubra*, *R. indica*, *R. salicifolia* et *R. japonica* ont gelé.

REDOUL (*Coriaria*). — La Corroyère à feuilles de myrte ou Redoul a gelé jusqu'au sol et a repoussé.

RETINOSPORA (*Retinospora*). — Les *R. squarrosa* du Japon, *R. Dubia*, *R. obtusa* du Japon et *R. leptoclada* ont résisté.

RHODODENDRON (*Rhododendron*). — Il n'y a guère que les variétés du *R. catawbiense* de la Virginie qui ont résisté.

ROBINIER (*Robinia*). — Le Robinier, faux acacia, originaire de l'Amérique du Nord, a bien résisté ainsi que ses variétés *monophylle*, à *feuilles de Sophora* et *inerme*, mais le *R. fastigiata* d'ailleurs peu vigoureux a été tué. Le *R. viscosa* de la Virginie et de la Caroline n'a presque pas souffert, ainsi que le *R. hispida* des mêmes pays.

Ronce (*Rubus*). — La Ronce des haies a beaucoup souffert, beaucoup de pieds n'ont même pas repoussé de souche. La *R. bleuâtre* a été plus rustique ainsi que les *R. framboisier*, et *R. du Canada* qui ont repoussé de souche.

ROSIER (*Rosa*). — Les Rosiers se sont en général montrés très résistants, surtout ceux dont les tiges n'étaient ni trop jeunes ni trop âgées.

SAPIN (*Abies*). — Le Sapin argenté des régions froides de l'Europe n'a pas souffert; les Sapins de *Nordmann* du *Caucase* et de l'Asie, de *Cephalonie*, des monts Enos (Grèce), de *Cilicie*, du *Fraser*, des hautes montagnes de la Caroline, *Baumier* du Canada et des États de New-York se sont montrés très résistants.

L'*A. pinsapo* des montagnes de l'Espagne et de la Kabylie a beaucoup souffert, il a perdu sa flèche et beaucoup de branches, mais s'est rapidement refait. Les *A. firma*, *A. bracteata* et *A. nobilis* n'ont également perdu que leur flèche. L'*A. grandis* de la Colombie a gelé.

Saule (*Salix*). — Tous les Saules cultivés à Grignon (une vingtaine d'espèces) ont résisté, sauf le *S. babylonica* qui a péri, sa variété, le *S. annularis*, a souffert.

SEQUOÏA (*Sequoïa*). — Les *S. gigantea* de la Californie ont gelé à Grignon, notamment un pied d'une quinzaine d'années; à Trianon, les beaux spécimens que l'on y remarquait après avoir beaucoup souffert se sont complètement refaits; de même ceux du bois de Vincennes, et de beaucoup d'autres endroits des environs de Paris.

Le *S. sempervirens* a également gelé à Grignon; il a repoussé de souche, mais comme il avait déjà gelé en 1870-1871 ses rejets ont été peu vigoureux. D'une manière générale ce Sequoïa semble s'être montré moins résistant que le précédent.

SOPHORA (*Sophora*). — Le Sophora du Japon s'est montré très rustique à Grignon où il vient d'ailleurs admirablement; sa variété *pendula* a également bien résisté.

SORBIERS. — Le Sorbier des oiseleurs (*S. aucuparia*) des régions froides de l'Europe a également bien résisté.

Le *Sorbier domestique* bien qu'appartenant à des climats moins rigoureux a également bien résisté.

SPIREE (*Spiræa*). — Les *S. cratægifolia*, *hypericifolia*, *lævigata opulifolia*, *prunifolia*, *Regeliana*, *salicifolia*, *sorbifolia*, *callosa*, *ariæfolia*, *Van Houttei* ont résisté. Les *S. reevesiana*, *fortunie* et *Lindleyana* ont gelé jusqu'au sol.

STAPHILIER (*Staphilœa*). — Le *S. faux pistachiér* du midi de l'Europe, a assez bien résisté.

Mais le Staphilier de Colchide a gelé jusqu'au sol et a repoussé.

SUMAC (*Rhus*). — Les *R. cotinus*, *coriaria*, *Typhina*, *glabra*, *toxicodendron* et *radicans* ont bien résisté ; le *R. juglandifolia* ou *vernicifera* a eu seulement ses jeunes sommités gelées.

Sureau (*Sambucus*). — Le Sureau commun a mal résisté surtout les vieux pieds. Le Sureau *rouge* des hautes montagnes de l'Europe a mieux résisté aussi que le Sureau du Canada.

TAMARIN (*Tamarix*). — Les *T. gallica*, *anglica* ont gelé jusqu'à la neige; recepés ils ont repoussé, de même le *T. japonica*, mais le *T. africana* a été complètement perdu. Au Muséum plusieurs gros pieds de *T. gallica* ont résisté. Chez M. Croux un gros pied de *T. indica* a résisté, il a seulement perdu la plus grande partie de sa cime.

TAXODIER (*Taxodium*). — Le *T. distichum*, ou *Cyprès chauve* de la Louisiane, représenté par quelques jeunes individus a gelé. A Trianon et à Rambouillet, les pieds introduits par André Michaux ont souffert, plusieurs individus ont même été tout à fait gelés, mais un plus grand nombre encore a résisté et non des moins beaux, surtout à Rambouillet. Le *T. sinense* a également gelé à Grignon, mais à Auteuil, dans les pépinières de la ville de Paris, un très beau type a été épargné.

THUYA (*Thuya*). — Le *T. d'Occident*, originaire de l'Amérique du Nord, a supporté sans grand dommage, ainsi que ses nombreuses variétés, les rigueurs de l'hiver. Le *T. d'Orient* ou *Biota orientalis* a été beaucoup plus éprouvé, il a perdu des branches et des feuilles; ses *variétés* se sont comportées de même, néanmoins aucune n'a péri complètement et aujourd'hui les effets de l'hiver ne paraissent plus.

Le *T. géant* de l'Orégon a gelé. Le *T. meuziesii* ou *lobbii* de l'Amérique septentrionale a parfaitement résisté.

THUOPSIS (*Thuopsis*). — Les *T. dolabrata* et *lœtevirens* ont eu plusieurs individus fatigués.

TILLEUL (*Tilia*). — Les Tilleuls à *petites feuilles* et à *grandes* feuilles (*T. platyphylla*), espèces indigènes, ont résisté. Un Tilleul argenté de Hongrie a perdu quelques branches et son tronc a éclaté; une grande fente de plusieurs mètres s'est produite. L'accident est arrivée vers huit heures du matin et a été accompagné d'un bruit semblable à un coup de fusil. Cette fente s'est depuis comportée comme une gélivure et n'est pas encore aujourd'hui complètement cicatrisée.

Les *T. truncata* Spach. ou *tubescens* de vent de la Caroline et *T. mississipiensis* ont bien résisté.

TORREYA (*Torreya*). — Les *T. nucifera* du Japon, *grandis* de la

Chine boréale et *T. myristica* de la *Sierra-Nevada* en Californie ont gelé.

TROËNE (*Ligustrum*).—Le Troëne commun (*L. vulgare*) a été très souvent gelé ainsi que ses variétés, mais il a repoussé de souche. Le *L. amurense* a résisté, mais les *L. lucidum*, *cariaceum*, *ovalifolium*, *Japonicum*, *sineuse*, *ibota* ont été gelés jusqu'au sol.

TSUGA (*Tsuga*). — Les *T. canadensis* et *T. Douglasii* ont résisté.

TULIPIER (*Liriodendron*). — Le jeune pied de la collection dendrologique a bien résisté. Les gros pieds du bois de Boulogne n'ont pas souffert. Le *Tulipier de Virginie* doit donc être regardé comme un arbre très rustique.

TUPELO (*Nyssa*). — Les jeunes pieds de *N. aquatica* que l'École possédait ont gelé, mais un magnifique individu de 7 à 8 mètres de haut a été épargné dans les pépinières d'Auteuil de la ville de Paris.

Vignes (*Vitis*). — Les diverses variétés dérivées du *V. vinifera* ainsi que les Vignes américaines désignées sous les noms d'*Herbemont*, de *Cunngham*, de *Jaquez*, d'*Alvey* et de *Taylor* ont gelé, tandis que les *V. labrusca*, *solonis*, *clinton*, *riparia*, *monticola* et *rupestris* ont résisté.

VIORNE (*Viburnum*). — Les *V. lentana*, *opulus* et *sterilis*, n'ont pas souffert, le *V. tinus* a gelé jusqu'au sol. Les *V. lentago* et *macrocephalum* ont gelé.

VIRGILIER (*Virgilia*). — Le Virgilier à bois jaune (*V. lutea* ou *cladrastis tinctoria*) originaire des États-Unis a résisté dans toute la France.

Nous aurions voulu étendre notre travail aux riches collections que l'on trouve chez les nombreux pépiniéristes des environs de Paris, ainsi qu'aux jardins et promenades de la grande ville, et même y comprendre les magnifiques plantations des habitations de la banlieue. Une pareille enquête aurait certainement mis à jour des faits très intéressants à divers points de vue. Mais, eu égard au cadre dans lequel nous devons nous maintenir, nous avons dû borner nos observations à ce qui s'est passé à l'École d'agriculture de Grignon, et nous serons heureux si de cela nous apportons quelques faits pouvant intéresser la sylviculture et l'arboriculture ornementale du nord de la France.

D'ailleurs, les observations de M. Tissot sur les arbres du bois

de Boulogne, dont la publication a été malheureusement interrompue par sa mort et l'excellent mémoire de M. Bollet de Troye sur ce qui s'est particulièrement passé dans les régions de l'est, donnaient déjà les faits les plus remarquables.

SUR LES VARIATIONS
DE
LA COMPOSITION DES JUS DE BETTERAVES
AUX DIFFÉRENTES PRESSIONS

LETTRE A M. LE PROFESSEUR DEHÉRAIN
RÉDACTEUR EN CHEF DES « ANNALES AGRONOMIQUES »

Par M. DURIN
Chimiste, vice-président de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie

Monsieur,

J'ai lu avec beaucoup d'intérêt le mémoire de M. Ladureau, sur la décroissance de densité du jus de betteraves, au fur et à mesure de l'augmentation de la pression à laquelle la pulpe rapée est soumise. L'écart entre la densité du jus s'écoulant sous une faible pression et celle du jus obtenu sous une pression considérable, est fort important. C'est là un fait nouveau, incontestable, puisqu'il résulte d'expériences précises et multipliées faites avec le plus grand soin; on n'avait pas jusqu'ici prouvé qu'il y eût de notables variations dans la composition du jus aux différentes époques de la pression.

Mais peut-on dès maintenant en conclure qu'on a jusqu'à aujourd'hui commis des erreurs graves dans l'analyse de la betterave? Est-on en mesure de chiffrer la perte subie par l'acheteur de betteraves, s'il se contente de presser la pulpe rapée à 10 ou 12 atmosphères? A-t-on la preuve que la densité du jus *qui s'écoule sous une forte pression est bien la densité vraie du jus qui reste dans la pulpe, au moment où commence cette forte pression?* En un mot, si le fait est indiscutable, les conséquences qu'en tire M. Ladureau

sont-elles rigoureuses ou sont-elles seulement d'une exactitude apparente ?

La question est d'une haute importance, et en raison de cette importance, il est nécessaire, pour parer à toute objection, de confirmer les conclusions du mémoire par des expériences directes faites sur la pulpe pressée ; par l'analyse de la betterave, par diffusion suivant les procédés de M. Pellet, du docteur Stammer, etc., etc. Il serait bon aussi de raper de nouveau finement, en crème si c'est possible, la pulpe pressée à 200 atmosphères ; de presser de nouveau cette pulpe rapée en crème, pour s'assurer si le jus provenant de ce nouveau rapage ne donnera pas une densité supérieure à celle qu'avait le dernier jus, s'écoulant sous une pression de 200 atmosphères. Comme le fait annoncé par M. Ladureau a une sérieuse valeur théorique, que de plus sa portée pratique est considérable, il est nécessaire qu'il soit prouvé jusqu'à l'évidence, car il est en contradiction avec les observations faites par plusieurs chimistes.

Nous reproduisons pour l'intelligence de nos observations une partie du tableau des expériences de M. Ladureau :

	PRESSION EN ATMOSPHÈRES.			
	5.	50.	100.	200.
Essai du 24 septembre.				
Jus p. 100 en poids..................	42	8.00	3.8	4.2
Densité du jus.....................	6° 5	6° 1	5° 5	4° 1
Sucre p. 100 en poids................	13.65	13.0	11.70	9.23
		6		
Essai du 26 septembre.				
Jus p. 100 en poids..................	44.3	7.00	4.5	2.9
Densité du jus.....................	5° 6	5° 00	4° 9	4° 5
Sucre p. 100 en poids................	11.82	11.28	10.73	10.22

Il est inutile de reproduire le troisième essai.

Prenons l'essai du 24 septembre comme base de raisonnement ; il est, comme le dit M. Ladureau, la représentation de la qualité de la betterave véritablement sucrière. Avec la presse de laboratoire

à 200 atmosphères, le poids du jus extrait a été de 58 p. 100; dans l'industrie, quand on se servait de presses hydrauliques, on aurait retiré environ 70 p. 100 de jus en une seule pression, avec des betteraves de la nature de celles de l'essai du 24 septembre; il resterait donc environ 12 kilogramme de jus à extraire pour se trouver dans les conditions industrielles.

Si on considère l'échelle décroissante des densités dans ce premier exemple (betterave à 6°,5), on voit que la décroissance moyenne est d'environ *six dixièmes* de degré par 50 atmosphères. En élevant encore la pression à 250 et 300 atmosphères, on peut admettre qu'on retirera à 250 atmosphères, 6 kilogrammes de jus à 3°,6, et à 300 atmosphères, 6 kilogrammes à 3°.

La pulpe restant contiendra encore environ 23 kilogrammes de jus, et pour suivre l'hypothèse de M. Ladureau, la densité de ce jus doit être *au plus* égale à celle du dernier jus écoulé; on pourrait donc établir ainsi la densité moyenne de la totalité du jus contenu dans la betterave.

42	kil. de jus à...........	6° 5	=	273°	
8	— à...........	6 1	=	48 8	
3.8	— à...........	5 5	=	20 9	
4.2	— à...........	4 1	=	17 3	$\frac{468}{93} = 5°,03$
6.0	— à...........	3 5	=	21 0	
6.0	— à...........	3 0	=	18 0	
23.0	— à...........	3 0	=	69 0	
93.0				468 0	

La densité moyenne réelle, résultant du mélange des jus obtenus aux diverses pressions et du jus restant finalement dans la pulpe, serait donc de 5°, 03 au lieu de 6°, 5, densité du premier jus extrait, et non de 6° comme le trouve M. Ladureau.

En se renfermant même dans les limites de pression adoptées par M. Ladureau, on devrait encore admettre, comme conséquence de ses déductions, que *les* 35 *kilogrammes jus qui resteraient dans la pulpe*, auraient *au grand maximum* le degré de 4°, 1 qu'avait le jus écoulé à 200 atmosphères.

Le degré moyen du jus serait alors 5°, 3.

L'erreur commise en pressant faiblement serait donc non plus seulement *un demi degré* comme le dit M. Ladureau, mais bien *un degré, trois dixièmes,* chiffre minimum formidable et cependant rigoureusement vrai en apparence.

La base fondamentale des déductions de l'auteur du mémoire est bien la décroissance réelle de densité du jus *restant dans la pulpe,* après chaque pression à un nombre de kilogrammes déterminé; on prévoit immédiatement des discordances d'analyse pour les divers opérateurs. L'un pressera à 200 atmosphères; un autre croyant mieux faire pressera à 300, un autre à 250; comme il faut impérieusement tenir compte, *ce que n'a pas fait M. Ladureau,* du jus restant dans la pulpe, et attribuer à ce jus une densité déterminée; que cette densité est au maximum, toujours d'après les idées de l'auteur, celle du jus écoulé à la dernière pression; il en résulte que l'opération qui sera arrêtée à 200 atmosphères devra faire entrer en ligne de compte 35 kilogrammes de jus restant dans la pulpe à 4°,1 de densité; celui qui aura été à 250 atmosphères n'aura plus à compter que 29 kilogrammes de jus à 3°,6, et à 300 atmosphères, 23 kilogrammes à 3°.

Il ressort forcément de l'introduction de cet élément nécessaire dans le calcul (jus restant dans la pulpe) une cause de discordance de résultats, puisque la densité du jus restant dans la pulpe variera beaucoup et que ce jus comprend environ le tiers du poids total.

La discordance est chose fâcheuse, mais on en prendrait son parti si on savait où est le vrai. Se trouve-t-il dans la pression à 150, 200, 300 atmosphères, ou n'est-il pas simplement dans le premier jus extrait? On peut supposer aussi qu'une bonne rape est aveugle et déchire consciencieusement les cellules qui se trouvent à portée de ses dents, sans les choisir; il n'est donc pas impossible que si elle déchire la moitié des cellules ou vaisseaux, elle les déchire proportionnellement à leur nombre, et que le jus moyen des cellules ou vaisseaux déchirés a une densité égale à celle du jus moyen des cellules ou vaisseaux non déchirés.

Ce premier point de vue démontre l'utilité de pousser très loin les expériences confirmatives, non pas des résultats obtenus par M. Ladureau, ils sont évidemment incontestables; mais des conséquences qui paraissent en dériver.

Ces conséquences sont en opposition formelle avec les travaux de MM. Pagnoul, Pellet, Vivien et les miens; M. Pagnoul a le premier démontré que le jus *qui restait dans la pulpe après pression était plus riche en sucre que le jus extrait;* la différence était notable et s'élevait, si ma mémoire me sert bien, à environ 1 p. 100. Dans des circonstances diverses, MM. Vivien, Pellet et moi avons obtenu des

BIBLIOGRAPHIE

Recherches de chimie et de physiologie appliquées à l'agriculture, par A. PETERMANN, directeur de la Station agronomique de Gembloux. — Notre éminent collaborateur, M. Petermann, a réuni dans un volume les travaux qu'il a publié depuis plusieurs années, et dont quelques-uns ont paru dans ce recueil même.

La première partie, qui a donné son nom à l'ouvrage, comprend le mémoire sur la dialyse appliquée aux terres arables dont nous avons rendu compte au moment où il a été publié ; les analyses de divers phosphates et les expériences sur l'emploi agricole de divers résidus industriels, le cuir moulu, la laine brute et dissoute, le sang desséché, un grand nombre d'essais sur la betterave à sucre, enfin la discussion très importante publiée ici même sur l'efficacité de l'acide phosphorique, dit assimilable.

Dans la seconde partie de son ouvrage, M. Petermann a réuni les nombreuses analyses, exécutées dans son laboratoire, sur les eaux d'égout de Bruxelles, sur le fumier, les guanos, etc. les analyses de matières alimentaires forment la troisième partie, et les travaux divers la quatrième partie.

On trouve dans cet ouvrage toutes les qualités que les lecteurs des *Annales* ont pu constater dans les mémoires qu'ils ont eu sous les yeux ; beaucoup de netteté dans l'exposition des problèmes abordés, une grande sûreté dans la conduite des expériences et de précision dans leur exécution ; aussi les recherches de M. Petermann sont-elles des plus utiles aux cultivateurs, auxquelles elles fournissent des renseignements sûrs dont ils font leur profit ; nous citerons notamment les recherches sur l'emploi des engrais chimiques, dans la culture de la betterave, qui produisent des effets très différents, suivant la profondeur à laquelle ils sont déposés, cette seule observation peut économiser aux praticiens des sommes considérables. M. Petermann jouit en Belgique d'une réputation justement méritée, et le succès qu'a obtenu son ouvrage est pleinement justifié.

Les hybrides Bouschet. Essai d'une monographie des vignes à jus rouge, par M. P. VIALA, avec 5 planches en chromolithographie. — L'auteur, après avoir décrit les manipulations à l'aide desquelles on opère la fécondation artificielle qui a donnée naissance aux hybrides, discute leur valeur ; les hybrides Bouschet ont une puissance colorante remarquable, mais un titre alcoolique médiocre, ils devront donc être seulement employés comme complément des cépages, à grand rendement, tels que les Aramons.

M. Viala donne ensuite une description détaillée des Aramons Bouschet, des Œillades Bouschet, des Alicantes Bouschet, des Piquefouls Bouschet, et encore de quelques autres cépages ; les figures sont faites avec beaucoup de soin, et seront utiles aux viticulteurs qui étudieront avec profit cet ouvrage.

Traitement du mildiou et du rot par le mélange de chaux et de sulfate de cuivre, par M. A. MILLARDET. — On sait quels ravages a causé l'an dernier à

la vigne les cryptogames qui s'attachent aux feuilles; M. Millardet a étudié avec beaucoup de soin l'influence qu'exercent le mélange de chaux et de sulfate de cuivre, et a réuni en un fascicule, chez Masson, toutes les publications qu'il a faites sur ce sujet. Son opuscule comprend notamment une instruction pratique pour l'emploi du mélange dont il a démontré l'efficacité.

Formation de l'amidon dans les feuilles, par M. Cuboni. — Nous avons donné déjà des analyses de ce mémoire intéressant. Les personnes qui ne lisent pas la langue italienne, pourront trouver le mémoire en français, dans le 2e fascicule du tome VII, des *Archives italiennes de biologie*, de MM. Emery et Mosso.

REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Viticulture

Les progrès de la culture de la vigne dans les années 1880-1885; notes détachées des articles qui intéressent la physiologie végétale, par M. P. Kulisch[1].

I. — ENGRAIS DONNÉS A LA VIGNE.

(a) *De l'influence de l'azote sur le système radiculaire de la vigne* par M. Muller (Turgovie[2].)

Après avoir fabriqué de toutes pièces de la matière organique ternaire, la plante est capable de former des matières organiques azotées si elle reçoit du dehors les sels azotés inorganiques. L'auteur se demande si cette métamorphose se produit seulement dans les parties aériennes ou si elle a lieu également dans la racine. Pour résoudre ce problème intéressant, il fait germer du maïs, des haricots et du blé, et il enlève aux jeunes plantes toutes les racines sauf deux. Les plantes ainsi mutilées ont été disposées de telle façon qu'une des racines plongeait dans une solution nourricière azotée, l'autre dans une solution privée d'azote. Si les matières azotées ne se formaient que dans les parties aériennes, elles descendraient de là dans les racines. Les deux racines auraient été dans les mêmes conditions, leur développement aurait dû être le même. L'expérience en a décidé autrement. Les racines qui plongeaient dans la solution azotée ont pris un développement beaucoup plus considérable que les autres et se distinguaient de celles-ci surtout par leurs nombreuses ramifications.

L'auteur croit pouvoir en conclure que, les racines sont capables de fabriquer des matières albuminoïdes, lorsqu'elles reçoivent des hydrates de carbone de la tige et qu'elles trouvent de l'azote inorganique dans le milieu ambiant.

(b) *Recherches sur l'engrais des vignes.*

I. — Par MM. von Wagner et H. Prinz[3]. — II. Par MM. C. Stunkel et von Wagner[4].

Afin d'obtenir une base scientifique pour l'emploi des engrais donnés aux vignes, les auteurs commencent par déterminer les quantités des matières

1. *Botan. Centrabl.*, t. XXVI, p. 225, 270, 305; t. XXVII, p. 17. Nous ne reproduisons ici que les notes qui nous paraissent présenter le plus d'intérêt.
2. *Berichte über den Weinbaucongress in Coblenz*, 1877, p. 21.
3. *Landwirthsch. Vers.-Stat.*, t. XXV, p. 242.
4. *Ibid.*, t. XVIII, p. 123.

minérales enlevées aux vignobles par l'étêtement, les récoltes et le bois supprimé. Voici les résultats qui ont été obtenus dans diverses localités sur des vignes d'Autriche et Risling. Un hectare de vignobles contenant 10000 pieds, a perdu : potasse, 71 kilogrammes; acide phosphorique, 18 kilogrammes. M. Neubauer[1] avait obtenu : potasse, 97 kilogrammes; acide phosphorique, 28 kilogrammes.

Une perte de 100 de potasse correspond, d'après M. Wagner, à une perte de 26 d'acide phosphorique, d'après M. Neubauer à une perte de 29 d'acide phosphorique. Remarquons que d'autres plantes cultivées enlèvent au sol le double d'acide phosphorique et les 3/2 de potasse.

Les expériences des auteurs nous donnent une fort mauvaise idée de la valeur des essais de culture tels qu'on les fait généralement. Après avoir choisi sur leurs terres divers emplacements éloignés les uns des autres, ils ont délimité dans ces emplacements des parcelles dites « parcelles moyennes » qui, dans chaque emplacement ont été traitées de la même manière : la même expérience était donc faite en même temps dans plusieurs endroits différents et on additionnait les résultats pour obtenir ainsi de bonnes moyennes. Il suffisait de comparer entre eux les résultats obtenus sur deux de ces parcelles pour évaluer l'importance de la correction introduite dans le calcul.

Dans trois vignobles sur six, les écarts entre les résultats obtenus sur ces parcelles moyennes ont été si grands, qu'il fallut renoncer à en tirer des chiffres de quelque valeur. Dans les trois autres, la potasse, l'azote et l'acide phosphorique n'ont pas influé d'une manière notable sur la quantité et sur la qualité de la récolte.

Des recherches analogues ont souvent abouti à des conclusions contradictoires; dans la province rhénane, par exemple, et en Alsace, les engrais artificiels ont donné des résultats nuls ou douteux; tandis que ces engrais ont si bien réussi dans la vallée de l'Ahr qu'on y a adopté provisoirement un engrais distribué à chaque pied de vigne à raison de 6 à 7 grammes d'acide phosphorique soluble, 5 à 6 grammes de potasse, et 2 1/2 à 3 grammes d'azote.

D'après les auteurs, ces divergences ne s'expliquent qu'en partie par les différences du sol, du climat, des variétés cultivées et par cette circonstance qu'il est plus difficile de mettre les engrais en contact avec les profondes racines ramifiées de la vigne, qu'avec celles des plantes cultivées annuelles; ils pensent au contraire, que les divergences doivent être attribuées en grande partie à la défectuosité des méthodes d'essais.

S'il était cependant permis d'en tirer quelques conclusions pratiques, elles pourraient être formulées de la manière suivante :

Le superphosphate augmente la récolte, hâte la maturation des raisins et l'aoûtage du bois. L'azote est utile lorsque la vigne pousse faiblement. Dans d'autres cas, l'azote est plutôt nuisible parce qu'il favorise démesurément la formation du bois. La potasse n'a jamais été employée avec avantage que quand on la donnait en même temps que l'acide phosphorique ou l'azote.

1. *Annalen der Œnologie*, t. IV, p. 471.

II. MULTIPLICATION DE LA VIGNE

(a) *Multiplication par le semis*, par M. NOBBE[1].

Résultats : 1° Le nombre des graines qui germent est faible; leur énergie germinative est également très peu élevée. Il faut des semaines et même des mois pour que toutes les graines susceptibles de germination lèvent;

2° Les graines des meilleures variétés paraissent avoir une faculté germinative moindre que celles des variétés communes;

3° Les graines bien mûres fraîchement retirées des baies germent le mieux;

4° Le desséchement à l'air diminue la faculté germinative;

5° Les graines des baies séchées ont perdu de leur faculté germinative;

6° Il n'est pas avantageux de chauffer le sol à 18° ou 20° ou au delà;

7° Une légère fermentation de deux à trois jours dans le marc, agit favorablement sur les graines; mais la même opération continuée pendant six jours détruit complètement la faculté germinative.

D'après M. Gœthe[2], l'optimum de température pour la germination est situé entre 12° et 15°. Les expériences de M. Gersak[3] confirment celles de M. Nobbe sur la faible énergie germinative. Une grande partie des graines, et dans une variété jusqu'à 50 p. 100, n'ont germé que dans la seconde année. Les mêmes variétés ont d'ailleurs fourni des résultats très variés entre les mains de différents expérimentateurs, ce qui ne peut être attribué qu'aux procédés d'extraction et de conservation des graines.

(b) *La graine de la vigne à l'état de repos et pendant la germination* par M. C. HAMBŒCK[4].

Le tégument de la graine se divise en trois parties : 1° la couche mécanique, composée de cellules scléreuses, prismatiques, à 5 à 8 faces longitudinales, à parois épaisses et contenant une matière noire dont la quantité variable détermine la coloration plus ou moins foncée de la graine; 2° la couche gonflable, capable d'absorber une grande quantité d'eau et d'augmenter considérablement de volume, composée de larges cellules dont les parois se gonflent dans l'eau; 3° la couche à tannin caractérisée par sa richesse en tannin. Un faisceau logé dans le tégument conduit l'eau dans l'intérieur de la graine pendant la germination. L'albumen renferme de l'huile grasse, de l'albumine plasmatique et de nombreux grains d'aleurone. Le maximum de température pour la germination est située entre 28° et 33°, l'optimum pour les vignes européennes entre 18° et 22° pour les vignes américaines entre 19° et 26°. Les mauvais résultats qu'on obtient souvent dans les semis de vignes américaines semblent provenir de ce que les graines ne sont pas parfaitement mûres. Les graines doivent mûrir sur le pied jusqu'à ce que les grains de raisin commencent à se détacher. Quant à la conservation le mieux est de laisser les graines dans la baie ou de ne les en retirer qu'au moment même des semailles.

1 *Landwirthsch Vers.-Stat*, p. 229.
2. *Weinbau*, t. VII, p. 35.
3. *Ibid.*, t. XV, p. 1.
4. *Annalen der Œnologie*, t. IX, 1881, p. 1-37.

Les graines qu'on retire du liquide fermenté ou qui sont restées dans le marc doivent être refusées, puisqu'un séjour de quarante-huit heures dans un liquide contenant seulement 7 p. 100 d'alcool et à la température de 16°, détruit la faculté germinative.

Les graines des vignes américaines sont en général plus grosses et mieux conformées que celles de nos variétés. L'auteur attribue cette différence surtout à la longue culture des races européennes, culture qui a entraîné une sélection tendant à l'augmentation de la pulpe du fruit au détriment des graines. La faculté germinative est de 20 à 25 pour cent.

III. MORPHOLOGIE DE LA VIGNE.

(a) *Sur la chute des fleurs de la vigne et le développement de grains privés de graines* par M. MULLER (Turgovie [1]).

Souvent un grand nombre d'ovaires tombent après la floraison. Les uns accusent la nutrition défectueuse de la plante d'être la cause de cet accident et recommandent une fumure appropriée, les autres, au contraire, croient devoir l'attribuer à une nutrition exagérée et pensent qu'il faut diminuer les fumures. D'après l'auteur, la nutrition minérale n'y est pour rien. Ce serait surtout la basse température qui empêcherait la formation et la migration des substances organiques ainsi que le développement normal de la fleur. En effet l'accident se produit de préférence par les temps froids et humides et frappe les expositions basses et froides plus que les autres.

Déjà avant l'éclosion, les cellules du stigmate des fleurs malades commencent à mourir; il est clair que la fécondation ne saurait avoir lieu dans ces conditions.

On empêche les fleurs de couler en décortiquant le cep au-dessous de la grappe inférieure suivant un anneau large de un centimètre. On empêche ainsi les matières organiques de descendre dans les parties basses de la plante; la nutrition organique des fleurs est augmentée d'autant et leur permet de se développer normalement malgré la basse température.

Les fleurs coulent quelquefois lorsque le cep pousse trop vigoureusement; les jeunes pousses attirent si énergiquement les matériaux de résorve réactivés que les fleurs n'en reçoivent plus en quantité suffisante.

Dans ce cas on a eu recours à la suppression de l'engrais et à une taille plus courte.

Un autre accident accompagne le plus souvent celui dont il vient d'être question, c'est la formation de baies sans graines. D'après l'auteur la fécondation a eu lieu; elle a été suffisante pour exciter le péricarpe au développement, mais l'œuf n'a pas eu assez d'énergie pour se transformer en embryon. Les baies restent plus petites que les autres, mûrissent plus vite, parce que les hydrates de carbone s'accumulent de suite sans forme de sucre au lieu de servir à la formation de la graine et du péricarpe.

Les raisins de Corinthe du commerce sont des fruits de cette nature obtenus sur une race de vigne sur laquelle cette maladie règne à l'état persistant.

D'après M. Schnetzler [2] la petitesse des grains proviendrait de ce que les étamines sont trop courtes et que la fécondation n'a pas lieu.

1. Weinbau, 1883, t. IV, p. 87.
2. *Revue scientif.*, 22 août 1885.

(b) *Quelles sont les conditions qui déterminent la formation et le développement des raisins?* par M. H. MULLER (Turgovie[1]).

Les premiers rudiments des fleurs sont déjà visibles dans les bourgeons inférieurs au mois de juin qui précède l'année de la floraison, plus tard, dans les bourgeons situés plus haut, mais toujours dans l'année précédente. Seul l'état de la nutrition du cep et plus spécialement du bourgeon lui-même décide s'il y aura des grappes et si ces grappes seront plus ou moins garnies de fleurs, souvent la stérilité d'un bourgeon dépend de l'absence ou du mauvais état de la feuille dans l'aisselle de laquelle il se trouve. Les jeunes grappes ne croissent que lentement pendant l'arrière-saison pour s'arrêter presque complètement avant l'hiver, si bien qu'elles ne sont pas plus grandes vers le milieu de février qu'à la fin d'octobre. Elles recommencent à croître au commencement de mars. A cette époque de l'année, même lorsqu'il fait froid, l'accroissement est beaucoup plus rapide qu'en automne ou en hiver quand il fait chaud; ceci prouve que la vigne, de même que beaucoup d'autres végétaux, traverse une période de repos.

L'auto-fécondation donne de bons résultats chez la vigne : non seulement le pollen d'un autre pied n'est pas préférable au point de vue de la fécondation, mais celui de la même fleur suffit pour le développement de grains normalement constitués. Les grappes enfermées et mises à l'abri de la fécondation croisée bien avant la fécondation, fructifient très bien, de même que les fleurs dont la corolle est accidentellement restée adhérente et a empêché l'arrivée du pollen d'une autre fleur de la même grappe. L'auteur pense même que si le stigmate reçoit à la fois du pollen étranger et du pollen de la même fleur, c'est ce dernier qui opère la fécondation.

L'auteur s'occupe ensuite de l'accroissement de la baie pendant l'été. Il montre que cet accroissement dépend de la turgescence des jeunes organes et de la nutrition de la plante, surtout de l'aliment azoté.

IV. CHIMIE ET PHYSIOLOGIE DE LA VIGNE.

(a) *Sur le moût*, par MM. E. MACH et PORTELE[2].

On sait depuis longtemps que le jus qui s'écoule au commencement diffère beaucoup de celui qu'on obtient à la fin. Les auteurs ont examiné à part le jus qui s'écoule des raisins fendus au couteau et celui que la presse fait sortir des peaux et des parties centrales des fruits.

Voici les conclusions du travail :

1° Le maximum de sucre se trouve dans le premier jus, le jus des peaux est moins riche, celui des parties centrales encore plus pauvre;

2° Le maximum d'acides se trouve dans la partie centrale, le minimum dans la peau;

3° La distribution du tartrate est la même que celle des acides en général;

4° Le maximum d'acide tartrique libre a été trouvé dans le premier jus; vient ensuite le jus des peaux et enfin celui des parties centrales. Les raisins

1. *Welche Unstände beinflussen die Enstehung das Wachsthum der Traubenbeeren? Mayence*, 1885.

2. *Ueber das Maischen der Trauben*, *Weinlaube*, t. XII, p. 50.

tout à fait mûrs ne renferment pas d'acide tartrique libre. L'acide malique abonde surtout dans la partie centrale, et se trouve en quantité minima dans les peaux.

La distribution de l'acide tartrique moins abondant à la périphérie et au centre que dans l'épaisseur de la chair paraît dépendre de la situation des faisceaux fibro-vasculaires répandus dans ces deux parties et qui amènent la potasse destinée à la neutralisation de l'acide tartrique. Le sucre semble au contraire cheminer dans les tissus parenchymateux et s'accumuler par conséquent de préférence dans la chair du fruit. Quant à l'acide malique il ne peut guère subsister en grande quantité à la périphérie parce que l'oxygène y a trop libre accès.

(b) *Sur la composition du contenu cellulaire dans les différentes parties du grain de raisin* par MM. E. Mach et Portele[1].

Le même procédé analytique a servi à l'étude de la distribution des sucres et des acides dans le grain de raisin pris à divers états de développement. Au début le sucre de la chair et de la peau est dextrogyre; la dextrose l'emporte de beaucoup. Au moment où le grain commence à se colorer, le jus de la chair dévie à gauche tandis que celui de la peau est encore dextrogyre. Lorsqu'il est mûr la lévulose l'emporte sur la dextrose d'abord dans le jus de la chair, ensuite dans celui de la peau, tandis que celui de la partie centrale est encore dextrogyre. L'acidité totale exprimée en acide tartrique est toujours plus grande dans la chair que dans la peau, plus tard l'acidité diminue progressivement de la surface vers le centre qui est toujours plus acide que les autres parties du grain. Le tartrate de potasse est d'abord beaucoup plus abondant dans la peau que dans la chair, évidemment parce que les sels de potasse arrivent plus facilement dans cette partie, mais plus tard le rapport se renverse; en effet tout l'acide tartrique de la peau ne tarde pas à se trouver uni à la potasse, tandis que la formation du tartrate continue dans les autres parties. A la maturité le maximum de tartrate se rencontre dans le jus de la partie centrale, le minimum au contraire dans la peau. Il n'y a de tannin que dans le jus des peaux.

(c) *Sur les pépins de raisin et sur les changements chimiques qui s'y accomplissent pendant la maturation*, par MM. E. Mach et C. Portele.[2]

Conclusions :

1° Le poids des pépins augmente surtout pendant la première période de la maturation, tandis qu'il diminue plutôt, par perte d'eau, dès que le fruit se colore;

2° La matière sèche augmente constamment relativement au poids total, pour atteindre son maximum au moment de la coloration et du ramollissement du grain; elle se maintient constante pendant la maturation complète et peut même diminuer dans les fruits extrêmement mûrs ;

1. *Ueber die Zusammensetzung des Zellinhaltes der einzelnen Theile der Traubenbeeren, Weinlaube*, t. XIII, p. 61.

2. *Ueber die Traubenkerne und deren chemische Veränderungen beim Reifen. Weinlaube*, t. XII, p. 577.

3° La quantité totale de tannin n'augmente également que jusqu'à l'époque de la coloration;

4° Les pépins qui sont encore mous et verdâtres ne renferment presque pas de corps gras. Ceux-ci n'y apparaissent qu'à mesure que le pépin durcit; ils s'y accumulent régulièrement jusqu'à l'extrême maturité. L'accumulation des corps gras dans les pépins suit donc la même règle que celle du sucre dans la chair,

5° Les cendres augmentent d'une manière absolue et relative pendant la première période du développement. Elles demeurent ensuite constantes.

Physiologie végétale.

Recherches chimiques sur la maturation des graines, par M. A. MUNTZ[1]. — L'auteur ne donne dans ce mémoire que le résultat de ses recherches personnelles, sans y adjoindre le résumé historique qui précède d'ordinaire ce genre de travaux.

M. Muntz a trouvé dans la graine de seigle non encore arrivé à maturité, une proportion notable d'un sucre analogue au sucre de canne, la synanthrose, qui n'avait été caractérisée jusqu'à présent que dans les racines ou tubercules de quelques Synanthérées.

La quantité de synanthrose contenue dans la graine sèche qui était de 45 p. 100 le 25 mai, pour 21,55 d'amidon tombe à 6,85 le 12 juillet pour 68,78 d'amidon au moment de la maturation; il reste toujours une certaine quantité de synanthrose dans les graines de seigle, même après une conservation de quelques mois.

On a trouvé également de la synanthrose dans le grain de blé non encore arrivé à maturité, mais elle n'y persiste pas comme dans le seigle et finit par être remplacé par du sucre de canne.

M. Muntz a reconnu que le grain de blé renferme un ferment inversif susceptible de transformer la synanthrose en sucres réducteurs, tandis que ce même ferment paraît n'exister qu'en très faible proportion dans le grain de seigle.

Dans ce même mémoire, M. Muntz a étudié la perte de poids par combustion lente que subissent les grains exposés au soleil; cette perte peut être considérable; deux cents grains de blé qui après dessiccation pesaient à neuf heures du matin 10gr042, ne pesaient plus que 8gr648 après être restés exposés au soleil de neuf heures à cinq heures.

M. Muntz a également abordé l'étude de la maturation des graines oléagineuses; il a déterminé la nature des hydrates de carbone contenus dans la graine de colza, d'abord quand elle commence à se former, puis quand elle arrive à maturité; il trouve dans la jeune graine du sucre de canne et un sucre réducteur qui présente le pouvoir rotatoire du sucre interverti, c'est-à-dire un mélange de dextrose et de lévulose semblable à celui qui existe dans les fruits; à la maturité il ne reste plus que du sucre de canne.

En déterminant à divers moments les hydrates de carbone (sucres et amidon), les matières grasses et les matières azotées, dans un nombre de graines

1. *Ann. des sc. naturelles*, *Bot.*, t. III, p. 45.

féodal, fit enfin disparaître les privilèges pécuniaires de la noblesse et du clergé : « *La perception des impôts*, lisons-nous dans l'article 9, *se fera sur tous les citoyens et sur tous les biens, de la même manière et dans la même forme.* »

Le 23 septembre, l'Assemblée prenait une mesure prudente et sage, en décidant le maintien de tous les impôts existants dans la forme ordinaire « jusqu'à ce qu'il y eût été autrement pourvu ». Il fallait assurer, comme le déclare l'Assemblée elle-même, la bonne situation des finances, le maintien de l'ordre public et la fidélité aux engagements que la nation avait pris sous sa sauvegarde.

Dans le décret des 7-10 octobre, la Constituante posait dans ces termes le principe de la proportionnalité des impôts: — « ART. Ier. *Toutes les contributions et charges publiques de quelque nature qu'elles soient seront supportées proportionnellement par tous les citoyens et par tous les propriétaires en raison de leurs biens et facultés.* »

La sécurité du Trésor semblait donc assurée par le maintien provisoire des anciennes impositions, le principe de l'égalité de tous les citoyens devant l'impôt était solennellement posé, le caractère de proportionnalité des contributions se trouvait affirmé; la Constituante pouvait en toute liberté se livrer à l'étude des réformes, si impatiemment attendues. — Elle fit preuve dans cette œuvre, comme nous allons le voir, du plus remarquable esprit de progrès et de sage rénovation.

Le comité auquel l'Assemblée confia le soin de préparer et d'étudier la loi nouvelle sur l'impôt foncier, se composait des hommes les plus éminents.

On comptait parmi ses membres : le duc de La Rochefoucauld, agronome et économiste; Dupont de Nemours, l'illustre disciple et admirateur de Turgot; le jurisconsulte Dufort, Rœderer, le marquis de Laborde-Mereville, le baron d'Allarde, économistes et financiers connus et appréciés de leur époque.

Le résumé des discussions, ou des travaux auxquels se livra le comité au sujet de l'impôt foncier se retrouve dans le remarquable rapport du duc de La Rochefoucauld. Nous insisterons sur trois questions qui s'y trouvent traitées et résolues.

1° L'impôt foncier doit porter sur le produit net.

2° Il ne doit pas frapper le revenu net au delà d'une certaine quotité.

3° L'impôt foncier, pour être bien réparti, exige la confection d'un *cadastre* général.

Il y avait en 1789, dans le sein de la Constituante, des hommes encore épris des idées généreuses et hardies que Vauban avait exprimé dans sa *Dîme royale*. L'illustre maréchal, homme de bien et patriote par-dessus tout, avait eu une pensée bien téméraire sous le règne de Louis XIV, où toute critique était une audace, pour ne pas dire un sacrilège. Vauban avait voulu réaliser près d'un siècle avant 1789, l'égalité des citoyens devant les charges de l'impôt. Il proposait dans ce but une dîme prélevée en nature sur tous les fruits de la terre, quel qu'en fut le propriétaire, et dont le produit servirait à acquitter une grande partie des dépenses publiques.

La dîme royale eût été à coup sûr un impôt *réel*, c'est-à-dire portant et pesant sur les biens, abstraction faite de la *qualité* des propriétaires; et, de cette façon, nobles et manants, bourgeois et religieux eussent été contraints d'acquitter leur part légitime des charges publiques. — A côté du caractère de justice et de dignité qui le fit précisément écarter par les classes privilégiées, jalouses de leurs prérogatives et immunités pécuniaires, le projet de Vauban avait un défaut grave. Il faisait porter l'impôt sur le revenu *brut* et non sur le revenu *net*, de telle sorte que le propriétaire ou l'agriculteur industrieux qui, par ses avances et ses travaux, trouvait le moyen d'obtenir à surface égale une plus forte récolte que son voisin négligent, était dépouillé injustement par la dîme royale d'une grande partie du fruit de ses efforts.

Les physiocrates, et Quesnay le premier, avaient parfaitement montré le côté faible de la dîme de Vauban, et nous avons vu déjà que c'était dans l'école physiocratique ou économique un axiome courant que celui-ci : « L'impôt ne doit porter que sur le revenu net des biens-fonds. » Il était nécessaire, toutefois, de réfuter la théorie erronée contenue dans la dîme royale et d'en montrer les conséquences injustes. — Le duc de La Rochefoucauld, dans son rapport, se chargea de cette tâche : « La contribution en nature, dit-il, porte sur le produit brut, ce qui est un grand vice, puisque le produit net est le seul qui doive la contribution, car les frais de culture et les avances du cultivateur ne peuvent pas être attaqués par elle sans que la reproduction en souffre. Mais d'ailleurs, quoique

son aspect d'égalité séduise quelques personnes, il n'en est pas moins vrai qu'elle est toujours et nécessairement inégale si elle se perçoit avec même quotité sur tous les fonds. En effet, supposons deux arpents de terre rapportant 200 gerbes, et la contribution au 1/10, ce qui fera vingt gerbes. L'un de ces arpents, plus difficile à cultiver que l'autre, exigeant plus de semences et plus d'engrais, il en résultera que le cultivateur doit en retirer 120 gerbes pour se rembourser des frais de culture, et que 80 gerbes suffisent à l'autre.

» Cependant le possesseur du premier arpent se trouvera payer 20 gerbes sur 80 du produit net, tandis que le deuxième ne payera de même que 20 gerbes, mais sur un produit net de 120. Ainsi la contribution du premier est *un quart*, et celle du second *un sixième.* »

La conclusion logique de cette augmentation, était la suivante :

L'impôt foncier devra être perçu non en nature mais en argent; il devra porter sur le produit net des terres.

Telles furent aussi les résolutions du comité et nous retrouverons tout à l'heure ces idées reproduites dans la loi nouvelle.

2° Dans la pensée des membres du comité des impositions, la répartition de l'impôt foncier entre les contribuables devait se faire par des répartiteurs choisis dans le sein du conseil communal. Il fallait prévoir des partialités et des injustices dans l'évaluation des revenus nets; il y avait des exagérations à prévenir, aussi bien que des atténuations excessives à éviter. Le comité fut d'avis qu'en déterminant une quotité fixe du revenu net au delà de laquelle aucune propriété ne pourrait être taxée, on éviterait les dangers et les injustices d'une mauvaise répartition. Tout propriétaire frappé par l'impôt au delà de ce taux, aurait droit de réclamer, de faire réduire sa cote, et une sorte de péréquation s'établirait d'elle-même entre les contribuables.

Ce projet très séduisant, très simple en apparence, n'est pas nouveau pour nous. En 1779, l'assemblée provinciale de la Haute-Guyenne avait proposé d'établir un taux commun pour la taille, et ces mesures avaient été sanctionnées par le roi en 1786[1].

Les membres du comité d'imposition ne se faisaient pas d'illusion sur les difficultés d'exécution d'un pareil projet, sur le nombre

1. *Annales agron.*, t. XI, 1885, p. 540, *Etude sur l'impôt foncier*, 1re partie.

considérable de réclamations qui devaient nécessairement surgir, et sur les retards qui pourraient en résulter dans la perception de l'impôt; aussi proposaient-ils cette méthode à titre purement provisoire et déclaraient-ils, par l'organe de leur rapporteur, que « *ce moyen paraissait nécessaire au comité jusqu'à la confection du cadastre général qui sera indispensable pour rendre la répartition parfaitement exacte* ».

3° On se rappelle que nous avons indiqué dans un précédent article les régions de la France où il existait un cadastre bien avant 1789. Le Languedoc, la Provence, et quelques autres circonscriptions possédaient des sommiers ou registres terriens qui servaient à la répartition de la taille, et permettaient de diminuer, dans une certaine mesure tout au moins, l'arbitraire des collecteurs. — Le comité d'imposition était d'avis qu'une pareille mesure devait être généralisée; il a exprimé cette pensée, comme on l'a vu plus haut, *de la façon la plus formelle.* L'idée de la confection nécessaire d'un cadastre général est une de celles dont nous sommes redevables aux hommes de la Constituante; c'est à elle qu'on est revenu après bien des tâtonnements et des déboires en 1807; c'est elle qu'on a adoptée partout quand on a voulu donner à l'impôt foncier une assiette sérieuse et équitable.

Tout dernièrement encore, quand l'Italie a voulu réorganiser son impôt foncier, elle n'a pas hésité à avoir recours à un cadastre. L'article 1er de la loi du 1er mars 1886 sur l'impôt foncier décide en effet « qu'il sera pourvu par les soins du gouvernement, et dans tout le royaume, à la confection d'un cadastre géométrique parcellaire uniforme, basé sur la mesure des terres et leur évaluation[1] ».

La Belgique et la Hollande qui, sous la domination française, en 1807, avaient commencé la confection de leur cadastre, ont continué d'y travailler après avoir recouvré leur indépendance.

Ces deux pays font aujourd'hui du cadastre parcellaire la base même d'un très intéressant travail de péréquation qui vient d'être exposé d'une façon attachante et complète par M. Marcel Trélat dans les *Annales de l'École des sciences politiques*[2].

Le comité d'imposition de la Constituante et beaucoup de ses

1. *Legge del primo marzo* 1886. — *Recordinamento dell'imposta fondiaria.* Rome, Eredi Botta, 1886.

2. *Annales de l'École des sciences politiques*, 3e fascicule. Paris, Alcan éditeur, juillet 1886.

membres se faisaient toutefois des illusions sur le rôle que devait jouer le cadastre dans la répartition de l'impôt foncier.

On croyait, à ce moment, que les évaluations des revenus nets seraient assez exactes et sincères pour être comparables et pour servir, par conséquent, à une véritable péréquation non seulement entre les propriétaires d'une même commune, mais entre les communes d'un canton, et entre les arrondissements d'un département. C'était là un espoir chimérique qui devait être déçu et dont on reconnut après 1807 toute la vanité, mais qui était parfaitement excusable de la part d'hommes n'ayant pas et ne pouvant pas avoir l'expérience de cette nouvelle méthode administrative de répartition. — L'honneur d'avoir prévu et compris la nécessité d'un cadastre général ne leur reste pas moins tout entier.

La loi fondamentale qui résulta des travaux du comité et des discussions de l'Assemblée fut celle des 23 novembre-1er décembre 1790. Elle subsiste aujourd'hui encore dans ses traits principaux et consacre toutes les réformes dont nous avons déjà signalé l'importance. En voici les articles généraux :

« Art. Ier. — Il sera établi à compter du 1er janvier 1791 une contribution foncière qui sera répartie par égalité proportionnelle sur toutes les propriétés foncières à raison de leur revenu net, sans autres exceptions que celles déterminées ci-après pour les intérêts de l'agriculture.

» Art. 2. — Le revenu net d'une terre est ce qui reste à son propriétaire déduction faite sur le produit brut des frais de culture, récolte, semences, et entretien.

» Art. 3. — Le revenu imposable est le revenu net, moyen, calculé sur un nombre d'années déterminé.

» Art. 4. — La contribution foncière sera toujours d'une somme fixe et déterminée annuellement, par chaque législature.

» Art. 5. — Elle sera perçue en argent. »

La loi de 1790 ne reproduit pas le système adopté par le comité d'impositions, et consistant à fixer un maximum au taux de l'impôt foncier par rapport au revenu net. Dans le titre IV, intitulé : *Des demandes en décharge*, le législateur se borne à indiquer la juridiction compétente pour connaître des réclamations formulées par ceux qui se *plaindraient du taux de leur cotisation*.

Tout ce titre n'était que provisoire, et dès le 10 avril 1791 un

décret, en fixant le contingent de l'impôt foncier pour l'année, indiquait dans son article 3 :

« Tout contribuable qui justifierait avoir été cotisé à une somme plus forte que le sixième de son revenu net foncier, à raison du principal de la contribution foncière aura droit à une réduction. »

Nous avons signalé ailleurs l'inconvénient qu'il y avait à prendre un seul collecteur-receveur par paroisse. Turgot, en particulier, avait proposé de désigner, pour le recouvrement des rôles, sinon pour leur confection, dans un arrondissement composé de plusieurs paroisses, un préposé spécial suffisamment éclairé et indépendant. Cette idée heureuse reprise et adoptée par quelques assemblées provinciales se trouve consacrée par la loi de 1790. On peut y lire que plusieurs communes ou même *toutes* les communes d'un canton sont autorisées à se réunir pour nommer un préposé spécial chargé du recouvrement des rôles.

Il restait à juger le mode de répartition de l'impôt foncier entre les circonscriptions administratives, et à déterminer la cote de chaque habitant par l'évaluation du revenu net de ses biens.

Ce n'est pas dans la loi de 1790 qu'il faut chercher la réponse à la première question. Une loi antérieure, celle du 14 décembre 1789, relative aux fonctions des assemblées municipales, avait décidé (art. 51) que « les fonctions propres à l'administration générale qui peuvent être déléguées aux corps municipaux pour les exercer sous l'autorité des assemblées administratives sont : 1° *la répartition des contributions directes entre les citoyens et la perception de ces contributions...* »

La répartition par départements devait se faire désormais par le corps législatif, comme elle se faisait auparavant entre les provinces et les généralités par des arrêts du roi en son conseil. — Dans l'intérieur du département, la loi organique du 22 décembre 1789 fixait ainsi la répartition.

« *Section III.* ART. Ier. — Les assemblées de départements sont chargées, sous l'inspection des corps législatifs et en vertu de ses décrets : 1° de répartir toutes les contributions directes imposées à chaque département. Cette répartition sera faite par les administrations de département entre les districts[1], de leur ressort, et par les administrations du district entre les municipalités.

1. Les districts sont devenus à peu de chose près nos arrondissements actuels.

» 2° D'ordonner et de faire faire suivant les formes qui seront établies les rôles d'assiette et de cotisation entre les contribuables de chaque municipalité.

» 3° De régler et de surveiller tout ce qui concerne tant la perception et le versement du produit de ces contributions que le service et les fonctions des agents qui en seront chargés. »

L'Assemblée constituante continuait donc simplement l'œuvre de décentralisation commencée en 1787, par la création d'un système complet d'assemblées représentatives subordonnées les unes aux autres, et chargées, elles aussi, de la répartition des contributions directes. Cette révolution administrative, dont nous avons signalé l'importance était consommée. Seulement l'organisation de 1787 laissait subsister à côté des nouvelles assemblées l'intendant, c'est-à-dire un représentant du pouvoir central; la loi du 22 décembre 1789 le supprimait d'un trait de plume. Les assemblées départementales et surtout les municipalités se trouvaient investies des pouvoirs les plus étendus, sans qu'aucun contrôle direct exercé par un agent du pouvoir central vint les rappeler, le cas échéant, à leurs devoirs.

En confiant à ces assemblées la confection des rôles, la perception des impôts directs, on subordonnait sans sanction possible, la sécurité du Trésor, l'indépendance et la sûreté même de l'État, à la vigilance incertaine, à la bonne volonté, à l'intégrité d'assemblées anonymes, de collectivités irresponsables. C'était là une faute grave dont les conséquences déplorables ne devaient pas tarder à se faire sentir. Mais on croyait, à ce moment, que l'impôt voté par les représentants de la nation serait payé avec enthousiasme, perçu sans difficulté; on croyait que la bonne volonté des citoyens n'aurait d'égale que celle des corps municipaux et le zèle des administrations de départements. Le réveil fut rude et la désillusion complète; les rôles furent en retard, les municipalités insouciantes ou hostiles, les assemblées départementales impuissantes à obtenir l'obéissance, ou trop timides pour l'exiger. Les impôts et l'impôt foncier en particulier se payèrent mal, difficilement, et parfois ne furent pas acquittés du tout.

En l'an VII, neuf ans après la mise en vigueur de la loi de 1790, Ramel affirmait au directoire, sans être démenti, que les propriétaires fonciers devaient encore en France plus d'un milliard d'arriéré au Trésor public!

Sans doute les difficultés politiques de toutes sortes furent pour beaucoup dans ce désordre et dans cette impuissance volontaire ou intéressée des assemblées administratives; mais il y avait néanmoins une faute grave au point de vue financier, dans cette liberté sans contrôle avec une décentralisation excessive, laissée par la loi aux municipalités pour la confection des rôles et leur recouvrement. Il faut, pour en comprendre la raison et en trouver l'excuse, concevoir combien devait être grande l'inexpérience politique des nouveaux législateurs après tant de siècles de centralisation despotique.

La loi de 1790 chargeait en outre les officiers municipaux d'apprécier dans *leur âme et conscience le revenu net des terres.* Telle est la réponse à la deuxième question que nous nous posions tout à l'heure.

Il y avait dans cette méthode des vices qui sont manifestes. On laissait la porte ouverte à l'arbitraire. Mais nos critiques seront ici moins étendues et moins vives parce que cet article n'était aux yeux de l'Assemblée constituante qu'un expédient provisoire, nécessaire à admettre avant la confection d'un cadastre général.

En ce qui concerne le recouvrement, une disposition nouvelle mais certainement critiquable, se trouve dans la loi de 1790.

La voici (Titre V, art. 9) : « A défaut de payement de la contribution, les fruits et loyers pourront être saisis, et il ne sera en conséquence décerné de contrainte que sur ceux des contribuables dont l'espèce de propriété n'aurait pas un revenu saisissable. »

Ce qu'il y avait d'heureux dans cette innovation c'était la suppression de la garnison, de la contrainte solidaire devenue si odieuse, et de tous les procédés vexatoires, à l'aide desquels le fisc, sous l'ancien régime, arrachait l'impôt à grands frais aux contribuables appauvris.

Ce qu'il y avait de critiquable, c'était de placer par cette mesure le propriétaire sous le coup d'une saisie presque immédiate, sans qu'une contrainte décernée contre lui, l'eût suffisamment averti.

En résumé, qu'était l'impôt foncier en 1790, après les modifications apportées par la loi nouvelle?

L'impôt foncier restait un impôt de répartition; il était perçu en argent proportionnellement au revenu net de toutes les propriétés; le revenu étant évalué dans chaque commune par les officiers

municipaux. Fixé annuellement pour son principal et ses centimes additionnels par le corps législatif qui le répartissait lui-même entre les départements, il était divisé à nouveau entre les districts, puis entre les communes par des assemblées locales électives. La répartition définitive entre les contribuables était confiée aux assemblées municipales.

Quelle différence pouvons-nous saisir avec l'état de choses antérieur, tel que nous l'avons décrit ailleurs? La différence semble légère en apparence; elle est profonde en réalité.

L'impôt était fixé arbitrairement par le roi, sans garantie et sans contrôle : il devenait une charge consentie désormais par les représentants de la nation.

L'impôt foncier était *personnel* dans la majeure partie des cas, c'est-à-dire qu'une partie de la nation et la plus fortunée, s'en trouvait déchargée par le seul fait de la naissance, ou par la puissance de la brigue et des influences de clocher. L'impôt foncier devint *réel*, il frappa les *biens* et leurs revenus sans tenir compte de la qualité des personnes. Ainsi se terminait le grand combat, livré au nom de la justice, pendant la deuxième moitié du XVIIIe siècle pour la *réalité* des impôts.

Un principe nouveau était posé; mais il avait fallu une révolution politique pour obtenir qu'il fût proclamé et subi par ceux aux intérêts desquels il devait porter atteinte.

A côté de cette grande œuvre de justice réalisée, à côté des inspirations heureuses, comme le projet d'un cadastre général, la suppression de la garnison, la création d'un fonds de non-valeur, l'organisation d'une juridiction qui n'a changé que de nom depuis un siècle, à côté de tant d'idées justes; il y en eut de très faibles; nous ne l'avons pas caché !

L'œuvre de la Constituante a surtout été en ce qui concerne la loi de 1790, une *œuvre politique*. Son inexpérience se révèle dans cette création rapide d'une organisation nouvelle; elle se révèle là surtout où elle abandonne les traditions historiques, là où elle ne marche plus appuyée, fortifiée par les expériences et les enseignements du passé.

Quoi d'étonnant à cela? Où les constituants eussent-ils trouvé des leçons et des exemples? L'ancien régime, décrié par ceux-là mêmes qui étaient intéressés à son maintien, n'avait rien à présenter de satisfaisant comme organisation financière. La Consti-

tuante sut, au contraire, mettre à profit avec un talent et une sagesse très méritoires, tout ce qui pouvait la guider dans son œuvre difficile. — Reprocher à la Constituante de ne pas avoir fait une œuvre parfaite est une simple injustice aggravée par la connaissance que nous avons aujourd'hui des difficultés énormes de la tâche qui lui incombait. — Que d'années d'expérience, de luttes, de tâtonnements il a fallu depuis pour arriver à l'état encore imparfait de notre impôt foncier! Depuis cinquante ans on essaye d'arriver à la péréquation de la contribution foncière, et l'on cherche encore la solution.

Que le sentiment de notre impuissance actuelle et des fautes passées nous rendent plus indulgents pour ceux qui, sans arriver à édifier une œuvre irréprochable, eurent au moins le mérite de poser les bases sur lesquelles reposent encore à l'heure actuelle notre système d'impôt territorial.

IX

Des vices de la première répartition de la contribution foncière en France et ses conséquences. — Les dégrèvements.

Nous n'avons pas l'intention de pousser plus loin notre étude historique sur la loi de 1790, et d'en suivre les transformations à travers la période révolutionnaire jusqu'à nos jours.

Ceux que cette étude pourraient intéresser, trouveront, dans l'ouvrage très complet et très attachant de notre ancien professeur M. René Stourm, tous les développements que le sujet comporte [1]. Nous allons nous borner à signaler l'origine et l'importance des erreurs qui vicièrent la première répartition de la contribution foncière en 1791, et les conséquences très curieuses des inégalités qui en résultèrent ou se trouvèrent plutôt de nouveau consacrées.

La loi de 1790 avait fixé les bases de la nouvelle contribution foncière; elle en avait détermiué la répartition et l'assiette. — Mais il fallait mettre en œuvre cette organisation complexe et avant toute chose il était nécessaire :

1. *Des finances de l'ancien régime et de la Révolution*, par M. R. Stourm. — Paris, Guillaumin, 2 vol. in-8.

1° De fixer le montant total de l'impôt foncier;

2° De le répartir entre les départements *proportionnellement aux revenus exacts des terres*, si l'on voulait rester dans l'esprit de la loi.

Le décret du 10 avril 1791 fixa le chiffre du principal de l'impôt foncier à 240 millions; ce chiffre représentait exactement le sixième du revenu net des biens-fonds d'après les estimations du comité d'impositions. — Au principal de l'impôt devaient s'ajouter 5 sols additionnels donnant un total de 60 millions sans compter les frais de perception et les centimes communaux.

Le revenu des biens-fonds étant estimé 1 440 000 000 de livres, l'impôt foncier, principal et centimes additionnels compris, s'élevait à 20,83 p. 100 du revenu net des biens, *terres* et *maisons*. C'était donc une taxe très lourde, que nous considérerions aujourd'hui comme accablante et insupportable, puisque notre impôt foncier sur les propriétés non bâties n'atteignait pas en 1879-80 plus de 9 p. 100 du revenu net. — C'est probablement sous l'empire des idées fort critiquables des physiocrates[1] sur l'impôt unique, que l'Assemblée adopta de concert avec son comité d'imposition un chiffre aussi élevé.

Fixer le montant de l'impôt n'était pas le plus difficile; il fallait ensuite le répartir entre les départements; c'est-à-dire entre des circonscriptions toutes nouvelles, dont on ignorait les forces *contributives*, bien loin de connaître le revenu net des biens-fonds qui s'y trouvaient contenus.

Comme il était absolument nécessaire cependant d'assigner à chaque département son contingent primitif, on eut recours à un expédient. — Le comité de la Constituante, considérant que le fisc, sous l'ancien régime, avait très sensiblement proportionné le montant des charges de toute nature aux forces contributives des provinces, proposa de faire servir comme base à la répartition nouvelle le montant calculé des *impôts antérieurs de toute espèce*. — Un tableau du montant de ces droits et taxes fut formé par commune, et en réunissant toutes les communes qui composaient les nouveaux départements, on put avoir une idée approximative de leurs forces contributives.

1. On sait en effet que les physiocrates, considérant la terre comme la source unique de toutes les richesses, prétendaient lui faire supporter, au moyen d'un impôt unique, toutes les charges publiques.

Cette idée était très ingénieuse, sans doute, et il était probablement impossible d'en trouver une meilleure à ce moment; mais il était évident qu'elle allait consacrer des inégalités et sanctionner des injustices séculaires. On se rappelle, en effet, combien nous nous avons insisté, dans un précédent article, sur les inégalités qui existaient entre les provinces au sujet des impositions, et de la taille en particulier. — Ainsi Turgot disait en 1762 : « Des détails très exacts nous ont mis en état de faire une comparaison plus précise des impositions de l'Angoumois avec celles de la Saintonge; cette comparaison faite par 5 voies différentes a toujours donné le même résultat, c'est-à-dire que l'imposition de l'Angoumois est à celle de la Saintonge, sur un fond d'égal produit comme 5 est à 2. »

La Normandie était plus chargée que la Champagne; cette dernière plus taxée que la Franche-Comté.

L'inégalité dans la distribution des impôts entre provinces, est un fait avéré sous l'ancien régime, et ressort des doléances de tous les cahiers. — Prendre pour base d'une répartition nouvelle, une répartition essentiellement inégale et défectueuse, c'était s'exposer à aggraver des situations déjà douloureuses. Pourtant, ouvrir la discussion sur cet objet, revenait à l'éterniser; l'Assemblée le comprit et adopta en bloc par un seul vote l'ensemble du projet. — Les conséquences de cette répartition vicieuse dès le principe furent très sensibles, jusqu'en 1821; nous allons nous efforcer de le montrer; et on peut dire même qu'elles se font sentir aujourd'hui encore.

Après l'enquête qui fut faite en 1821 pour arriver à un dégrèvement considérable de l'impôt foncier, dans les départements surchargés, un tableau très intéressant a été dressé pour mettre en évidence les changements opérés. — Ce tableau donne le rapport de l'impôt foncier en principal au revenu net avant le dégrèvement de 1821 et après ce dégrèvement.

Malgré les *huit* dégrèvements qui avaient eu lieu déjà pour diminuer ou atténuer les inégalités les plus choquantes, nous allons retrouver la trace des premiers vices de la répartition de 1791. Pour cela, groupons les départements, non pas dans l'ordre alphabétique, mais par provinces. — La Normandie, par exemple, comprenant avant 1789 les généralités de Rouen et de Caen tout particulièrement *surchargées*, a formé les départements suivants :

	Avant le dégrèvement de 1821.	
Orne	11.76	Chiffre de l'impôt foncier en principal pour 100 francs de revenu net.
Calvados	12.43	
Seine-Inférieure	11.45	
Eure (en partie)	12.22	
Manche (en partie)	11.71	

La moyenne du taux de l'impôt foncier en principal pour la France entière étant de 10,66 p. 100 du revenu net, les départements de la Normandie étaient donc très fortement taxés par rapport aux autres.

Aujourd'hui encore ces départements comptent parmi les plus chargés, en moyenne, de la France entière.

En voici la preuve :

	Rapport de l'impôt foncier en principal au revenu net en 1874.
Orne	5.43 p. 100.
Calvados	5.26 —
Seine-Inférieure	5.29 —
Eure	5.85 —
Manche	5.64 —
Moyenne pour la France	4.24 p. 100.

Nous pourrions multiplier les exemples. Prenons seulement la Champagne, également surchargée avant 1789, comme l'attestent le témoignage de Necker[1] et les doléances des cahiers de la province.

Nous trouvons :

Départements.	Rapport du contingent en principal au revenu net avant 1821.
Marne	14.56 p. 100.
Haute-Marne	10.79 —
Aube	12.13 —
Ardennes	13.75 —
Moyenne pour la France	10.61 p. 100.

Il nous est aussi facile de faire la contre-épreuve. Ainsi la Franche-Comté, très favorisée par des traités avant 1789, puisqu'elle ne payait que 13 livres d'impôt par tête d'habitant tandis que la Champagne en acquittait 27, nous donne le résultat suivant :

Départements.	Rapport du contingent en principal au revenu net avant 1821.
Haute-Saône	8.05 p. 100.
Doubs	8.83 —
Jura	8.62 —
Moyenne pour la France	10.64 p. 100.

1. Voy. Necker, *De l'administration des finances*, 1784.

D'une façon générale les pays d'État étant, sous l'ancien régime plus ménagés que les pays d'élection, la nouvelle répartition dont nous venons de signaler les vices consacra ou exagéra ces inégalités.

Les plaintes les plus vives se produisirent; les municipalités, comme nous l'avons dit plus haut déjà, négligèrent de dresser les rôles d'imposition; les administrations départementales furent aussi impuissantes que l'administration centrale elle-même à en obtenir le recouvrement ou la confection, et l'on franchit de la sorte de 1791 à 1796 cette période troublée par les désordres intérieurs les plus graves. Pendant les six années qui s'écoulèrent ainsi, les propriétaires s'étaient contentés de donner quelques acomptes, ou de payer leurs impositions en assignats dépréciés. Quand il fallut, sous le directoire, acquitter l'impôt en numéraire, les plaintes se renouvelèrent avec plus d'intensité. On entra dès lors dans la période des dégrèvements, période qui ne devait se terminer qu'en 1850.

Le principe qui présida au premier dégrèvement de 1797, comme à tous les autres, consista dans une réduction du contingent particulier à chaque département, la réduction étant d'autant plus forte que le département était considéré comme plus surchargé.

Depuis 1797 jusqu'à 1821, *sept* dégrèvements successifs furent opérés, et le chiffre du principal de l'impôt foncier en France décrut constamment. Les chiffres suivants indiquent successivement le montant du principal de cet impôt, c'est-à-dire de la partie perçue au profit de l'État.

En 1791	240.000.000	francs.
1797	218.000.000	—
1798	207.000.000	—
1799	189.000.000	—
1802	183.000.000	—
1802	174.000.000	—
1805	172.000.000	—
1819	168.000.000	—
1821	154.000.000	—

Le dégrèvement de 1821, que nous indiquons à la fin de cet exposé des contingents successifs depuis 1797, fut un des plus importants non seulement au point de vue de son chiffre, mais surtout en raison des travaux préparatoires dont il fut la conséquence.

démolitions tendrait constamment à rapprocher les contingents en principal des communes du taux uniforme de 5 p. 100 de la valeur locative de l'ensemble des constructions imposables; or, comme les contingents sont aujourd'hui le plus souvent très inférieurs à ce taux, il en résulterait une augmentation progressive des ressources du Trésor, qui peut être évaluée annuellement à 400 000 francs. »

Le projet de M. Léon Say est très intéressant et nous semble aisé à mettre en pratique; son adoption tendrait sérieusement à diminuer une inégalité de traitement très choquante, et mal connue, entre les propriétés bâties et non bâties.

On n'a fait malheureusement qu'un pas dans cette voie, en séparant les contingents des deux genres de propriétés. Il faut faire plus; cette réforme est nécessaire[1].

X

De la diminution successive du principal de l'impôt foncier en France depuis 1791, et de l'augmentation croissante des centimes additionnels. Conclusion.

Le principal de l'impôt foncier, en France, a constamment décru depuis 1791 jusqu'à 1821. Dans cet intervalle, *neuf* dégrèvements successifs s'élevant à la somme de 85 351 000 francs avaient été opérés, et le dernier à lui seul représentait pour le Trésor une perte de 27 millions. Plus tard, la loi du 17 août 1850 supprima encore 17 centimes généraux additionnels à la contribution foncière, et cette suppression qui ne modifiait pas, il est vrai, le principal de l'impôt n'en fut pas moins un allègement considérable aux charges des propriétaires fonciers. Cette diminution croissante de la partie de l'impôt foncier perçu au profit de l'État, est d'une grande importance; c'est un fait peu connu du public, et nous croyons qu'on ne saurait trop le rappeler. Il ne faut pas oublier non plus que les fermages subissaient une hausse graduelle, pendant que l'impôt qui frappait la terre décroissait continuellement. La part du revenu net absorbée par le principal de la contribution foncière, diminua donc constamment de 1791 à 1851.

1. Nous ne pouvons songer à traiter ici la question de la *péréquation*, qui exigerait à elle seule une longue étude. Nous signalons seulement le projet également intéressant de M. Léon Say, sur le renouvellement des opérations cadastrales. Voy. *Journal officiel*, 16 avril 1876.

Nous avons vu qu'en 1791 l'impôt foncier représentait à peu près 20 p. 100 du revenu net[1] des biens-fonds, en estimant ce revenu à 1440 millions, chiffre très voisin de la réalité puisqu'en 1817, les 460 premiers cantons cadastrés donnèrent un total de 1454 millions. En 1821, après une enquête très sérieuse basée sur la ventilation des baux et actes de vente, le revenu foncier de la France était estimé à 1580 millions ; le principal de l'impôt s'élevant alors à 154 678 130 francs, la part du revenu net prélevée au profit de l'État ne dépassait pas 9,79 p. 100.

Depuis 1821 la diminution du taux de l'impôt foncier n'a pas cessé de se produire, ainsi que le montre le tableau suivant établi d'après les résultats des enquêtes auxquelles l'administration des contributions directes s'est successivement livrée :

ÉPOQUE DES OPÉRATIONS.	MONTANT du REVENU NET.	CONTINGENT EN PRINCIPAL.	RAPPORT du PRINCIPAL AU REVENU NET.
	Fr.	Fr.	Pour 100.
1791[1]	1.440.000.000	240.000.000	16.66
1821	1.580.000.000	154.000.000	9.79
1851	2.540.000.000	155.064.000	6.06
1862	3.096.000.000	150.492.000	5.15
1874	3.959.000.000	167.969.000	4.24

1. Les chiffres indiqués pour 1791 résultent seuls d'évaluations approximatives et non d'une enquête administrative.

Nous avons arrêté ce tableau en 1874 parce que l'enquête plus récente et plus complète encore de 1879, a, pour la première fois, étudié séparément les variations du revenu des propriétés non bâties, et qu'il était nécessaire de faire mention de cette particularité pour que les résultats fussent intelligibles et comparables. Il résulte en effet des études prescrites par la loi de 1879, que le revenu net des propriétés non bâties s'élevait en France à 2 645 millions au moment de l'enquête. Si nous rapprochons ce chiffre du contingent en

1. Soit 29 p. 100 en y comprenant les centimes additionnels généraux. 16,60 p. 100 si l'on ne tient compte que du principal (240 millions).

Passons brusquement en 1874, date à laquelle une enquête nous donne le chiffre du revenu net de la propriété foncière en France[1]. Nous trouvons :

	Fr.
Impôt foncier en principal (terres et maisons)............	174.300.000
Centimes additionnels départementaux....................	92.891.000
Centimes additionnels communaux........................	77.478.000
Total.........	344.669.000

En rapprochant ce chiffre du montant évalué à cette époque des revenus nets relatifs aux propriétés bâties et non bâties et s'élevant à 3 959 millions, nous voyons que l'impôt foncier, centimes additionnels compris, ne s'élève plus qu'à 8,95 p. 100 des revenus fonciers. Le taux de l'impôt territorial a donc diminué de moitié depuis 1821 jusqu'à 1874! La charge, plus forte d'une façon absolue, est moindre d'une façon relative; et l'impôt a augmenté moins rapidement que la valeur foncière et locative des immeubles de toute nature!

Ce résultat qui pourra paraitre étonnant à plusieurs, n'est-il pas faussé par la réunion dans un même total des revenus si différents de la propriété bâtie et de la propriété non bâtie? A l'heure actuelle, ou tout au moins lors de l'enquête commencée en 1879, les propriétés non bâties ne supportaient-elles pas une charge bien supérieur à celle que nous indiquons quelques lignes plus haut? Le tableau suivant que nous tirons des volumes de l'enquête servira de réponse; la comparaison qui s'y trouve faite entre la situation en 1851 et en 1879, montre, en outre, que le mouvement de décroissance dans le taux de l'impôt signalé par nous s'est poursuivie d'une façon continue depuis 1821.

PROPRIÉTÉS NON BATIES

	RAPPORTS DU MONTANT DES CENTIMES ADDITIONNELS DE TOUTE NATURE.				RAPPORT DU TOTAL DE LA CONTRIBUTION AU REVENU NET.	
	AU REVENU IMPOSABLE EN		AU TOTAL DE LA CONTRIBUTION EN			
	1851	1879	1851	1879	1851	1879
France entière.....	4.05	4.50	38.64	50.06	10.48	8.99

1. Voy. *Journal officiel* du 16 avril 1876.

Ce tableau se passe de commentaire. Le fait important qui domine tous les autres et que nous tenions à mettre en lumière nous paraît à cette heure bien établi; nous pouvons légitimement conclure que l'impôt foncier en France ne s'est pas accru dans la même proportion que les revenus sur lesquels il est assis, et que la charge pesant de ce chef sur la propriété foncière a diminué en réalité depuis quatre-vingt ans. Nous n'ignorons pas, il est vrai, que la terre supporte indirectement d'autres taxes. La prestation en nature, l'impôt des portes et fenêtres, l'impôt mobilier lui-même, constituent des charges qui, dans une large mesure, atteignent les revenus fonciers, et il est certain que ces impôts sont plus lourds qu'autrefois; ce sont là des vérités incontestables, mais nous n'étudions ici que la question de l'impôt foncier et non pas celle des impôts qui frappent directement ou indirectement les revenus agricoles ou plus généralement les revenus immobiliers. Nous entendons, par conséquent, laisser de côté toute controverse relative aux charges variées qui pèsent sur les biens-fonds, pour ne parler que de la contribution foncière, de ses variations et de sa décroissance incontestable. *La conclusion de notre travail à ce point de vue peut être indiquée en peu de mots : depuis le commencement du XIX*[e] *siècle, les revenus fonciers, loyers et fermages, se sont accrus du simple au double et au triple même, d'après des documents et des enquêtes méritant toute notre confiance; le principal de l'impôt foncier a diminué au contraire constamment d'une façon à la fois relative et absolue; la contribution foncière tout entière a diminué également dans son taux, et elle est aujourd'hui beaucoup moins lourde qu'elle n'a jamais été pendant la première moitié du siècle. Des situations exceptionnelles, les effets d'une crise agricole universelle, peuvent infirmer dans quelques cas les résultats de notre analyse; mais ce qu'elle contient de vérité impartialement exposée, ne saurait, croyons-nous, échapper à personne.*

XI

De l'impôt foncier en France et en Europe.

Les questions financières ont aujourd'hui une grande importance dans les discussions économiques; on s'appuie volontiers sur le tableau de nos charges si variées et si lourdes pour conclure à l'adoption d'un régime économique nouveau, qui rétablirait l'équilibre

entre nos concurrents et notre industrie ou notre agriculture menacée. Étudier cette question en général, ce serait sortir des limites de cette étude. Il est naturel au contraire après avoir examiné l'importance de l'impôt foncier en France, de se demander si notre pays ne supporte pas une contribution dont le poids excessif peut mettre notre agriculture dans une situation de visible infériorité par rapport à nos voisins plus ménagés.

Dans le tableau rapide que nous allons tracer des charges que l'impôt foncier fait peser sur la propriété immobilière dans les pays qui nous entourent, nous aurons soin de distinguer autant que nous le pourrons la propriété bâtie de la propriété non bâtie et d'insister sur ce qui concerne cette dernière.

1° *Angleterre.* — A ne consulter que les apparences, l'Angleterre paraît être le pays le plus ménagé au point de vue de la taxe *sur les terres.* La *land-tax* ne s'élève guère en effet à plus de 37 millions de francs, alors que le revenu net des terres d'après les chiffres du *Statistical Abstract* dépasse 1200 millions[1]. Ce n'est là qu'une apparence, il faut se rappeler qu'une partie de l'impôt foncier anglais a été racheté à partir de 1798, non pas complètement, mais en grande partie, d'après un système ingénieux dû à Pitt, qui espérait diminuer par cette opération financière dont il serait trop long de parler, les intérêts de la dette perpétuelle anglaise.

Il est aisé de comprendre que l'intérêt du capital abandonné pour le rachat de la *land-tax*, représente en réalité l'impôt autrefois payé, et que les propriétaires anglais ne se sont pas trouvés dans une situation plus favorable après la libération de leurs biens fonds, par la méthode qui leur était proposée. L'opération du rachat s'est poursuivie en Angleterre de 1798 jusqu'à nos jours; et à l'heure actuelle, le montant de la taxe rachetée s'élève à 849 161 livres[2] ou 21 millions de francs en chiffres ronds. La taxe sur les terres, ou *land-tax*, se monte donc réellement à 48 millions de francs, si on ajoute la partie de la taxe rachetée à la portion qui s'acquitte encore aujourd'hui. Ce n'est là qu'une bien faible fraction des charges qui pèsent directement sur les biens fonds ruraux ou urbains en Angleterre, charges qui ont le caractère d'une véritable contribution foncière. Ainsi une foule de taxes locales directes,

1. Voir pour ces chiffres et les suivants le *Statistical Abstract for the United Kingdom*, et le *Bulletin de statistique du ministère des finances*, juillet 1883.
2. Voir *Bulletin de statistique du ministère des finances*, juillet 1883.

additionnelles, à la taxe des pauvres (*poor rate*) frappent la terre et les maisons. En 1883 les contributions très diverses de cette nature s'élevaient pour l'Angleterre et le pays de Galles à 24 869 000 livres, ou 621 millions de francs[1]. Le revenu des maisons étant à peu près le double du revenu des terres ces dernières acquitent donc 200 millions au moins de taxes directes locales.

A ces contributions déjà si lourdes il faut encore ajouter le produit des cédules A et B de l'*income-tax*, qui frappent les revenus des propriétaires et les profits des fermiers.

Il faut ajouter de ce chef 32 millions de francs acquittés par les propriétaires et 8 millions payés par les fermiers. Sans tenir compte de la *land-tax* rachetée nous voyons donc que l'impôt prélevé sur les revenus *des terres* en Angleterre, se monte à 67 millions de francs pour l'État et à plus de 221 millions pour les localités, soit en tout 288 millions de francs pour l'Angleteterre seule, alors que le revenu imposé à l'*income-tax* ne dépasse pas 1210 millions de francs. Les taxes frappant la terre représenteraient ainsi 23 p. 100 du revenu foncier.

On voit que, par rapport à la France l'Angleterre est fort peu ménagée en ce qui concerne les taxes qui atteignent les revenus des propriétés *non bâties*.

2° *Hollande.* — On a publié récemment à Amsterdam une *Statistique des Pays-Bas*[2] très complète, très intéressante, et qui nous donne des renseignements détaillés sur les taxes foncières.

L'impôt foncier, en Hollande, est de longue date un impôt de répartition; il est réglé actuellement par la loi du 26 mai 1870.

Les propriétés bâties et non bâties sont imposées séparément par provinces, et le contingent est réparti entre les propriétés d'après les indications du cadastre[3]. Outre le principal de l'impôt foncier, 21 centimes additionnels sont encore perçus au profit de l'État.

En 1883, sur un revenu net imposable de 46 242 000 de florins, les propriétés non bâties acquittaient, 5 517 000 florins, soit: 11 p. 100, pour le principal de la contribution foncière. Celle-ci,

1. Pour les chiffres, ainsi que pour la proportion entre le revenu des terres et celui des maisons voir le *Statistical Abstract* de 1885, p. 26 et 32.

2. Voy. *Statistique des Pays-Bas*, publié à Amsterdam en 1883. Texte en français.

3. On trouvera dans la préface de l'ouvrage indiqué plus haut en note, des détails intéressants sur l'impôt foncier et son organisation. Voir aussi l'article de M. Marcel Trélat sur la *Peréquation de l'impôt foncier en Belgique, et en Hollande*, in *Annales de l'École des sciences politiques*, juillet 1886.

avec les centimes additionnels généraux, représente 14 p. 100 du revenu net des terres, et 18 p. 100 avec les centimes additionnels des provinces et des communes. La charge est donc deux fois plus considérable que celle dont nous avons cependant signalé toute l'importance pour la France.

3° *Belgique.* — La Belgique comme la Hollande possède un impôt foncier de répartition, qui a du reste été établi sur les bases actuelles pendant la réunion de la Belgique à la France. Un tableau officiel, annexé à la loi du 7 juin 1867 (*Documents parlementaires de la Chambre des représentants*, séance du 28 novembre 1866), nous donne, à propos de l'impôt foncier qui frappe les propriétés non bâties, d'intéressants renseignements.

Nous voyons par l'examen de ces chiffres que le taux de l'impôt foncier perçu au profit de l'État a décru en Belgique comme en France. Ce taux était de 15 p. 100 pour l'impôt en principal, d'après les anciennes évaluations cadastrales; il tombe à 10 p. 100 d'après les nouvelles recherches de l'administration[1]. Il n'en est pas moins vrai que ce taux est double de celui que nous avons constaté pour la France, et que des centimes additionnels locaux viennent encore l'augmenter.

3° *Italie.* — Ce n'est pas sans raison que l'Italie, après de longues discussions et des plaintes incessamment renouvelées, vient de chercher à ramener l'ordre dans l'organisation de sa contribution foncière; non seulement les inégalités les plus choquantes existent entre les différentes provinces du royaume, mais le poids considérable des taxes générales et locales qui frappent la terre rendent ces inégalités plus intolérables encore.

Le tableau suivant mettra les faits en évidence :

Provinces.	Rapport de l'impôt au revenu effectif.
	P. 100
Lombardie	19.9
Parme	15.5
Sardaigne	15
Romagne	15
Sicile	10.6
Naples	14.3
Modène	13.8
Marches-Ombrie	13.6
Piémont-Ligurie	13.4
Toscane	9.1

1. Ces recherches datent de 1865.

En 1879, M. Silvio Ami[1] citait dans son ouvrage *Sur la Peréquation de l'impôt foncier*, les chiffres suivants qui donnent une idée suffisante de la contribution foncière en Italie et de son importance considérable.

Impôt foncier en Italie (propriétés non bâties).

	Fr.
Impôt perçu par l'État	124.695.028
Surtaxes provinciales	48.838.012
Surtaxes communales	71.874.889
Total	245.407.879

Le chiffre du revenu imposable des terres étant, d'après les évaluation de M. Silvio Ami et les renseignements officiels, de 934 millions de francs environ, on voit que le principal de la contribution foncière s'élève à 13 p. 100 du revenu imposable et le total de cette contribution à 25 p. 100 de ce même revenu. En admettant que le revenu imposable des terres ait été atténué dans une très forte proportion, l'impôt foncier en Italie ne nous apparaîtrait pas moins comme une charge au moins double de celle qui grève les terres en France.

Nous nous bornerons, pour abréger, à ces indications sur les pays qui ont plus particulièrement attiré notre attention ; mais le résultat que nous avons constaté, c'est-à-dire le poids considérable de l'impôt foncier dans ces régions par rapport aux charges de même caractère supportées en France, ce résultat serait le même si nous portions nos regards en Prusse ou en Autriche, par exemple.

« En Autriche, dit M. Paul Leroy-Beaulieu, dans son *Traité de la science des finances* et dans la seule Cisleithanie, l'impôt foncier en 1880 rapportait à l'État 90 millions de francs, non compris 25 millions de florins sur les bâtiments. Dans la Transleithanie, l'impôt foncier montait à 92 millions de francs ; ce qui portait à 182 millions le produit pour l'État de l'impôt sur les propriétés agricoles dans la monarchie autrichienne. »

« Il y a naturellement en Autriche comme en France, des surtaxes locales. On ne peut évaluer la richesse agricole de l'Autriche-Hongrie a plus des 4/5 de la richesse agricole de la France. *Il en résulterait que la terre paye à l'État, proportionnellement à son revenu,*

1. Silvio Ami, *la Perequazione dell'imposta sui terreni*. Turin, Roux et Favale, 1879, in-8.

moitié plus qu'en France; et il ne faut pas oublier que, en plus de l'impôt foncier il y a depuis quelques années dans l'empire autrichien un impôt sur le revenu qui frappe les propriétés foncières, et dont le produit n'est pas compris dans les chiffres précédents. »

En Prusse, M. Leroy-Baulieu constate que l'impôt foncier pèse encore plus lourdement qu'en France sur la propriété rurale. « Le sol de la Prusse, dit-il, a une surface qui est moitié de celle de la France, et il est moins fertile, de sorte que le produit net de l'agriculture ne doit guère atteindre que moitié du produit net de l'agriculture française. L'impôt de 50 millions sur les propriétés rurales représente pour nous un impôt de 98 à 100 milions. Il y a de plus en Prusse une *Einkommensteuer* et une *Classensteuer* qui frappent les revenus fonciers. »

XII

De l'examen rapide auquel nous venons de nous livrer en parcourant successivement les principaux pays de l'Europe, il résulte que la contribution foncière est presque partout de beaucoup supérieure à ce qu'elle est en France. C'est la conséquence logique et nécessaire des faits que nous venons d'exposer; c'est là aussi la conclusion naturelle de cette partie de notre étude.

Nous entendons formellement restreindre notre conclusion à ces termes et la maintenir en rapport avec les prémisses sur lesquelles elle s'appuie. En particulier nous n'avons pas l'intention de préjuger des charges qui pèsent sur l'agriculture française en comparaison de celles qui atteignent l'industrie agricole des autres nations. Nous avons étudié aujourd'hui un des éléments de cette vaste et difficile question, nous pourrons plus tard l'aborder tout entière et formuler alors une conclusion plus générale.

EXPÉRIENCES
SUR
LA PRODUCTION DU FUMIER DE FERME

PAR

MM. A. MUNTZ et CH. GIRARD[1]

EXTRAIT.

Ces recherches ont été entreprises :

1° Pour voir quel était le rapport entre les éléments fertilisants contenus dans les fourrages et ceux qu'on retrouve dans les déjections, alors qu'on se place dans les conditions de la pratique, c'est-à-dire qu'on subit les pertes résultant de la fermentation et de l'évaporation, ainsi que celles venant de la manipulation des engrais. — On devait ainsi trouver quelle était la déperdition des éléments fertilisants, par le passage dans le corps de l'animal, en partant de la composition des aliments ingérés, pour arriver à celle du fumier recueilli dans les conditions de la pratique.

2° Cette donnée étant obtenue, il s'agissait de rechercher quelle quantité de fumier, ou plutôt quelle quantité d'éléments fertilisants les animaux, mis au pâturage, rendaient à la terre, en échange d'une quantité de fourrage prélevée sur cette terre, alors que les animaux placés dans les conditions habituelles passent une partie de leur temps à l'étable, où, sans recevoir de nourriture, ils laissent une autre portion de leurs déjections.

3° Enfin on a voulu comparer entre eux, à ce double point de vue, les animaux d'espèces différentes : vaches et moutons.

L'expérience comporte naturellement les déterminations suivantes.

1° Pesée et analyse du fourrage consommé. Celui-ci n'est pas représenté exactement par la quantité placée dans les râteliers une partie étant toujours tiré sur le sol piétiné et sali par les animaux; on en a tenu compte.

2° Pesée des animaux au commencement et à la fin de l'expérience. Les déterminations précédentes permettent de déduire de l'augmentation de poids constatée la quantité d'azote fixé dans les tissus.

1. *Bulletin de la Société des agriculteurs de France.*

3° Pesée et analyse des déjections émises. Dans les premières expériences, ces déjections tombant sur le sol bitumé de la bergerie étaient recueillies le plus complètement possible.

La différence entre la quantité d'azote contenue dans le fourrage, et la somme comprenant celle qui a été assimilé par les animaux et celle qui a été recueilli dans les déjections, donne la solution de la question posée.

La première expérience a porté sur un lot de 32 moutons faisant partie du troupeau de l'Institut agronomique à la ferme de Joinville.

Les résultats obtenus se résument ainsi :

	Kil.
Azote consommé	21.817
— fixé par l'organisme (viande 118 kilos).	4.300 soit 21.7 p. 100
— retrouvé dans le fumier	5.588 soit 19.72 p. 100
— perdu	12.129 soit 55.58 p. 100

« On voit qu'une quantité énorme de l'azote —plus de la moitié — n'a pas été retrouvé et il convient de chercher la cause de ces déperditions.

« Nous devons exclure d'abord l'idée d'une perte par infiltration dans le sol de la bergerie puisque le sol était bitumé et parfaitement étanche, les pertes d'azote sont attribuables en partie aux pertes des matières excrémentitielles, qu'il est impossible dans les expériences de cette nature de recueillir en totalité. »

Les auteurs attribuent cependant la perte principale à la formation du carbonate d'ammoniaque. Pour s'assurer de l'exactitude de cette interprétation, les auteurs ont recherché la quantité d'ammoniaque contenue dans l'air de la bergerie; ils ont fait passer dans leurs appareils de 2 à 7 mètres cubes d'air et ont recueilli :

Ammoniaque par mètre cube d'air.

	Gr.
1re Expérience	0.0078
2e —	0.0082
3e —	0.0072
4e —	0.0086

Ainsi l'air de la bergerie contenant 400 fois plus d'ammoniaque que l'air normal. Il est bien à remarquer toutefois que ces déterminations prouvent seulement qu'une quantité notable de carbonate d'ammoniaque se diffuse dans l'air des bergeries, et que cette

diffusion est une des causes de pertes d'azote; mais les chiffres précédents ne montrent pas que l'azote ne s'échappe que sous forme d'ammoniaque; M. Reiset a montré depuis longtemps que pendant la fermentation des déjections animales, une partie de l'azote se dégage à l'état libre et M. Joulie est arrivé récemment aux mêmes conclusions. (*Ann. agron.*, t. XII, p. 289.)

La deuxième expérience a eu lieu sur deux vaches normandes; elles consommaient par tête et par jour 53 k,5, de luzerne, 49 kilos d'eau et émettaient 33 kilos de déjections solides et 18 kilos de déjections liquides.

Pendant l'expérience le poids des animaux a augmenté de 15 kilos et elles ont fourni 361 litres de lait qui a été analysé.

A l'aide de ces données on a pu établir comme suit la statistique de l'azote :

	Kil.		
Azote consommé		14.146	
— assimilé à l'état de chair	0.544	3.104 soit	21.95 p. 100
— retrouvé dans le lait	2.560		
— dans le fumier	7.461		52.75 p. 100
— perdu	3.581		25.30 p. 100

La perte est, comme on le voit, bien inférieure à celle que l'on avait constatée pour les moutons, ce qui s'explique par l'état physique des déjections et leur fermentation bien moins active donnant naissance moins rapidement à du carbonate d'ammoniaque.

Expériences exécutées en 1885

Les recherches continuées pendant l'année 1885 ont eu pour direction spéciale la réponse à la question suivante : *Déterminer quelle est la quantité de matière fertilisante qu'apportent au sol les moutons soumis au parcage.*

Pour juger plus sûrement, les auteurs ont procédé par comparaison, ils ont abordé les sujets voisins de celui qu'ils se proposaient de traiter particulièrement et ils ont étudié.

1° La déperdition des éléments fertilisants dans les conditions ordinaires de la stabulation des moutons :

a). Alors qu'ils sont nourris au vert;

b). Alors qu'ils reçoivent une alimentation sèche.

2° La détermination de la quantité d'éléments fertilisants res-

titués au sol dans la pratique du parcage, pour une quantité connue d'éléments ingérés.

Enfin ils ont établi la comparaison entre la litière de paille et la litière de terre, au point de vue de l'absorption des substances continues dans les déjections.

Emploi d'une litière de paille. — Alimentation à la luzerne verte

Les difficultés de ce genre de recherches tiennent à la prise d'échantillons moyens; particulièrement pour le fumier produit.

On a établi le compte des résultats en pesant le fumier formé de la paille litière et des déjections des animaux; en divisant la différence entre le fumier obtenu et la paille employée par le produit du nombre des animaux par le nombre de jours d'expériences, on constate que la production du fumier a été de 2 k,230 de fumier, pour 4 k,085 de luzerne consommée et 0k,9 d'eau bue.

En tenant compte de l'augmentation de poids des moutons qui a été de 30 kilos on arrive aux conclusions suivantes :

1° Acide phosphorique et potasse.

	Dans le fourrage consommé. Kil.	Dans les déjections. Kil.
Acide phosphorique.............	2.952	2.955
Potasse........................	13.002	15.280

On voit que l'acide phosphoriquea été retrouvé en totalité; la déperdition de potasse a été nulle; on a même constaté un excédent attribuable à la fois à l'imperfection des prises d'échantillon et aux erreurs d'analyse.

Quant à l'azote on trouve les résultats suivants :

	Kil.	
Azote consommé..........................	14.548	
— fixé par l'organisme.................	1.089	soit 7.50 p. 100
— retrouvé dans le fumier..............	6.349	soit 43.64 p. 100
— perdu................................	7.110	
	14.548	

Ainsi dans cette expérience, bien que les animaux aient reçu une litière de paille, la quantité perdue est considérable, analogue à celle qu'on avait constatée quand les animaux séjournaient dans la bergerie bitumée.

Emploi d'une litière de terre. — Alimentation à la luzerne verte

Pour arriver à se faire une idée des quantités d'engrais que le parcage permet de conserver, les auteurs ont placé dans une des bergeries une couche de terre de 20 à 25 centimètres, on y a installé les moutons d'expériences.

On a pesé la luzerne distribuée, celle qui est restée dans les râteliers, celle qui a été retirée de dessous les moutons, on a donc pu connaître la quantité consommée. On a déterminé également l'eau qui a été bue.

A la fin de l'expérience on a enlevé le fumier; on observe nettement deux couches: la première constituée, par une sorte de feutre formé de déjections et d'un peu de débris de luzerne, le tout mélangé d'une certaine quantité de terre. Cette couche dégageait un peu d'ammoniaque mais beaucoup moins que la litière pailleuse.

La deuxième couche est constituée par de la terre presque intacte et telle qu'elle était au début de l'expérience; c'est-à-dire que les déjections ont été retenues à la surface.

	Kil.
Le poids total des deux couches s'élevait à	4980
La terre mise à l'origine pesait	4065
Le fumier produit pèse	915

La composition de la couche inférieure de la terre est à peu près celle de la terre normale, il n'en est plus de même de la terre superficielle qui s'est beaucoup enrichie en azote, en acide phosphorique et en potasse.

Si comme dans les expériences précédentes on établit le bilan de l'opération on arrive aux résultats suivants :

1° Acide phosphorique et potasse :

	Dans le fourrage consommé.	Dans les déjections.
	Kil.	Kil.
Acide phosphorique	2.820	3.260
Potasse	13.235	12.017

Il est clair que les déperditions sont insensibles.

2° Azote :

	Kil.
Azote consommé	13.707
— fixé par l'organisme	1.379 soit 10,06 p. 100
— retrouvé dans le fumier	9.042 soit 65.96 p. 100
— perdu	2.376 soit 23.98 p. 100

centimètres, permet de retenir, par ses propriétés absorbantes, la plus grande partie de l'azote des déjections. En substituant donc, dans la pratique agricole l'emploi de la terre à l'emploi de la paille, on évite en grande partie la déperdition énorme que nous avons toujours constatée.

» 3° La pratique du parcage équivaut à la substitution d'une litière de terre d'une épaisseur illimitée à la la litière de paille en usage dans les étables. Dans cette pratique, les déjections étant mises immédiatement en contact avec le sol sont absorbées par celui-ci et ne sont pas sujettes à la grande déperdition d'azote qui se produit dans la stabulation. Cette pratique au point de vue de l'utilisation des principes fertilisants et de celle de l'azote en particulier a donc une supériorité évidente, qui justifie l'emploi qu'on en fait depuis un temps immémorial. »

SUR LA VALEUR DES ENGRAIS

(DEUXIÈME MÉMOIRE)

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN

Observations sur les expériences relatives à la production du fumier de MM. Muntz et Ch. Girard

Nous regrettons vivement de n'avoir pu reproduire en entier le mémoire qui précède, car il soulève une question des plus importantes. MM. Muntz et Ch. Girard démontrent par une série d'expériences bien conçues et bien exécutées qu'une fraction seulement de l'azote contenu dans les éléments consommés par le bétail est utilisée, soit à l'augmentation du poids des animaux, soit à la fabrication du fumier.

Quand les moutons d'expérience ont été placés sur une litière de paille, on a perdu presque autant d'azote que quand ils ont été maintenus dans une bergerie bitumée sans litière, dans l'un et l'autre cas, la moitié environ de l'azote de l'aliment a été dissipée; la perte s'est réduite au quart lorsque les animaux ont été placés sur de la terre. Les auteurs tirent de cette expérience, cette conclusion qu'il y aurait avantage à remplacer les litières de paille par les litières terreuses.

Ce n'est pas la première fois que cette proposition est faite, mais les expériences précises des savants chimistes de l'Institut agronomique lui donnent une importance qu'elle n'a pas eu jusqu'à présent.

Je ne serais pas étonné cependant que la perte énorme constatée à Joinville fût due, en partie, à l'exiguïté de la litière ; il est clair que les auteurs, pour opérer plus facilement, ont mis sous les animaux le moins de paille possible, et je crois que s'ils avaient été plus généreux ils auraient constaté des pertes moindres; à Grignon en effet où la litière est donnée plus libéralement qu'on ne le fait à Joinville, on ne remarque jamais d'odeur de carbonate d'ammoniaque dans les bergeries. Les pertes peuvent donc être souvent moins fortes que celles qui ont été constatées par MM. Muntz et Girard ; il est probable toutefois qu'on ne les évite pas complètement avec des litières de paille, et que sans doute la terre semble recueillir les déjections plus complètement que la paille ; s'il en est ainsi, faut-il admettre avec les auteurs que les cultivateurs seraient bien avisés de substituer les litières de terre aux litières de paille ?

Pour que cette conclusion soit adoptée, il faudrait qu'il fût démontré que la quantité seule de l'azote détermine l'effet utile de l'engrais et que son état de combinaison est indifférent.

Il est clair qu'il n'y aurait qu'une méthode de résoudre la question, ce serait d'employer directement à une culture donnée ces deux litières ayant séjourné pendant le même temps sous un même nombre d'animaux et de chercher si l'effet de la litière terreuse est supérieur à celui de la litière de paille ; l'une sera plus chargée d'azote que l'autre c'est incontestable, mais rien ne démontre *a priori* que cet azote donné en plus grande quantité exercera un effet plus favorable qu'une quantité moindre employée sous une autre forme.

En effet, il me paraît absolument certain que l'azote des engrais n'a pas sous toutes ses formes la même valeur, c'est ce qui est parfaitement reconnu des praticiens, car l'azote nitrique, l'azote ammoniacal, l'azote organique ne sont pas comptés au même prix dans les mercuriales.

A vrai dire, cependant, ces prix, comme nous l'avons vu dans un article précédent [1], ne représentent que très incomplètement la

1. *Ann. agronom.*, t. XII, p. 257.

valeur des engrais. J'ai montré que cette valeur reposait non sur le prix d'achat ou sur le prix de revient, mais sur leur efficacité, qu'elle était par suite essentiellement variable.

Le mode de calcul que j'ai proposé permet de déterminer la valeur de l'unité du poids d'engrais, mais il se prête également à la détermination de la valeur particulière d'un des éléments des engrais, et en modifiant très légèrement ce mode de calcul, il m'a paru qu'on pourrait aisément réussir à démontrer que l'azote sous ses différentes formes est bien loin de présenter la même valeur.

Je rappellerai d'abord la formule que j'ai employée pour établir la valeur d'un engrais; si R est le poids d'une récolte obtenue sur un hectare sous l'influence d'un poids d'engrais P, que R' soit le poids de la récolte obtenue sur un hectare semblable cultivé sans engrais, qu'enfin V soit le prix de vente commun de ces deux récoltes, il est évident que la valeur de l'unité du poids d'engrais sera représentée par la formule

$$\frac{(R - R')V}{P} = x$$

Dans cette formule P représente le poids de l'engrais employé; mais dans le cas particulier que nous avons à traiter, nous pouvons faire la convention que P représentera le poids d'un des éléments des engrais, de l'azote par exemple, on en déduira aisément la valeur de x c'est-à-dire du *kilogramme d'azote dans l'engrais employé.*

Prenons un exemple fictif pour bien faire saisir la méthode; j'ai obtenu avec 400 kilogrammes d'azotate de soude 40 tonnes de betteraves à 20 francs et sans engrais 25 tonnes.

J'écris que

$$\frac{(40 - 25)\,20}{4} = x$$

la valeur des 100 kilos d'azotate de soude, je trouve 75 francs pour les 100 kilos d'azotate de soude; mais au lieu de diviser par 4, poids de l'azotate de soude employé, je puis mettre au dénominateur de ma fraction le poids d'azote contenu dans les 400 kilos d'azotate de soude employés; or, l'azotate de soude du commerce renferme habituellement 16 kilos d'azote par 100 kilos ou 64 kilos pour les 400 kilos d'engrais employé; j'aurai donc pour trouver la valeur du kilogramme d'azote de l'azotate de soude à résoudre l'équation.

$$\frac{(40 - 25) \times 20}{64} = x$$

je trouve que X = 4 fr. 76.

Il est clair que si je cultive un sol comme celui de Grignon où le seul élément des engrais qui exerce une action sensible, soit l'azote, je pourrai trouver la valeur du kilogramme d'azote dans le fumier et le faire entrer en comparaison avec le kilogramme d'azote du nitrate de soude, avec celui du sulfate d'ammoniaque, avec celui des matières organiques et en tirer des conclusions précieuses.

Appliquons les calculs précédents à un exemple réel : en 1879, on distribua à une culture de maïs fourrage 20 000 kilos de fumier[1], on obtint 68000 kilos de fourrage et seulement 22500 sans engrais; la différence est de 45 500 kilos; si on estime à 15 francs la tonne de maïs on aura 682 fr. 50, pour la différence de valeur de la récolte, or, dans 20 000 kilos de fumier il y a 100 kilos d'azote, on aura donc pour la valeur du kilogramme d'azote $\frac{682^{fr},50}{100}$ ou 6 fr. 82.

Cette même année 400 kilos d'azotate de soude ont donné 32 500 kilos de maïs; c'est-à-dire 10 000 kilos de plus que la parcelle sans engrais, on a eu 150 francs de différence qui, divisés par 64, donnent seulement 2 fr. 34. Il est clair que le prix de l'azote est bien différent dans un cas et dans l'autre.

L'exemple précédent démontre que la valeur du kilogramme d'azote varie avec la nature de la combinaison dans laquelle il est engagé, et il suffit que cette preuve soit faite pour que la proposition de MM. Muntz et Girard perde le caractère de généralité qu'il lui ont donné.

Il existe sans doute des sols sur lesquels la terre imprégnée de déjections produira, à égalité d'azote, des effets semblables à ceux qui seront obtenus de l'emploi du fumier; mais il en existe certainement d'autres sur lesquels le fumier sera plus efficace, et on conçoit que sa supériorité puisse être telle qu'il y ait avantage à perdre la moitié de l'azote des déjections au lieu du tiers pour avoir cet azote sous la forme de fumier.

Je n'ai pas d'expériences de comparaison entre la litière de terre et le fumier, et dès lors pour continuer la discussion, je suis obligé de chercher sous quelle forme la litière de terre apporte au sol l'azote qu'il renferme; s'il est sous forme de sel ammoniacal, elle

1. *Ann. agronom.*, t. VIII, p. 78.

est tout d'abord exclue d'un certain nombre de terres qui, comme celle de Grignon, ne tire aucun bénéfice des sels ammoniacaux.

Si on pouvait admettre que l'azote des déjections reçues sur le sol agit comme azote nitrique, le calcul précédent montrerait que dans le cas particulier du maïs fourrage cultivé à Grignon en 1879, il y aurait un avantage à perdre une partie de l'azote des déjections pour convertir le reste en fumier.

Cette conclusion repose toutefois, nous le répétons, sur une hypothèse, c'est que l'azote des déjections agit comme azote nitrique, ce qui n'est vrai que dans une certaine mesure ; si, en effet, on peut supposer que l'azote ne pénètre guère dans les plantes sous une autre forme que celle d'azote nitrique, il n'est pas indifférent que cet azote nitrique soit distribué en une seule fois au commencement de la saison ou qu'introduit dans le sol sous forme de matière organique, il ne devienne soluble que peu à peu à mesure qu'il se nitrifie.

Si nous supposons que la litière de terre apporte au sol de l'azote organique nous avons quelques expériences à discuter : en 1879, on a donné à la culture du maïs fourrage déjà étudiée, 2300 kilos d'engrais de viande qui renfermait 10 p. 100 d'azote; or la récolte n'a été que de 13 500 kilos supérieur à la parcelle sans engrais, elle a donc fourni pour la valeur du kilogramme d'azote $\frac{13.5 \times 15}{230}$ = 0 fr. 88 environ, c'est-à-dire un prix très inférieur à celui du kilogramme d'azote nitrique.

Il est vrai que cette dose était beaucoup trop forte car avec 1150 kilos d'engrais de viande on a eu 11 tonnes d'excédent, c'est-à-dire 165 francs qui divisés par 115 ont donné 1 fr. 43.

Ainsi dans le cas particulier que nous venons de traiter nous arriverons par notre méthode de calcul basée sur des résultats d'expériences les valeurs suivantes pour le kilogramme d'azote.

Culture du maïs fourrage en 1879.

Valeur du kilogramme	d'azote dans le fumier			6 fr. 60
—	—	l'azotate de soude		2 fr. 34
—	—	l'engrais de viande	(forte dose).	0 fr. 88
—	—	—	(faible dose).	1 fr. 43

Il en résulte manifestement que la forme sous laquelle l'azote est donné a une importance considérable et que par son incorporation à la litière, par sa transformation en fumier, le kilogramme d'azote

acquiert une valeur qu'il est bien loin de présenter s'il est distribué à l'état de matière organique ou même d'azotate de soude, et que, dans ce cas particulier, il y aurait eu avantage à perdre la moitié de l'azote de l'engrais de viande au lieu d'en perdre le quart pour le faire passer dans du fumier.

En serait-il de même dans tous les cas? assurément non; il y aura d'autres sols, d'autres cultures sur lesquels les résultats pourront être très différents, c'est aussi ce que savent très bien les cultivateurs qui n'hésitent pas à donner des *coups de parc* comme préparation à certaines cultures.

En résumé MM. Muntz et Girard nous fournissent un renseignement précieux qui confirme ce qu'on supposait déjà, sans l'avoir établi avec autant de précision, qu'on perd une plus grande quantité d'azote en le recevant sur une litière de paille que sur de la terre; si l'azote a dans ces deux formes la même valeur, ce que les auteurs ont admis *a priori*, il est clair que leur conseil devra être suivi; mais, si comme nous le croyons et les exemples précédents semblent le montrer absolument, l'azote dans toutes ses formes est bien loin d'avoir la même valeur, ce sera seulement dans les cas où il aura été démontré que l'azote de fumier n'a pas une valeur supérieure à l'azote des déjections que les conclusions de MM. Muntz et Girard pourront être admises.

II. — Détermination de la valeur d'un engrais complexe

La formule que j'ai proposée pour déterminer la valeur d'un engrais ne se prêtait pas sous sa forme primitive au calcul d'un engrais complexe, et j'ai dû chercher à la modifier pour qu'elle me permît de saisir un plus grand nombre d'expériences.

L'an dernier, par exemple, sur nos cultures de blé de Grignon, j'ai mis en comparaison d'énormes fumures qui avaient moins pour but de pousser les récoltes jusqu'au maximum que d'éprouver la résistance à la verse que présentaient les diverses variétés.

J'ai distribué par exemple aux blés rouge d'Écosse, Scholey à épis carrés, Browick et Bleu de Noé, la fumure excessive de 50 000 kilos de fumier, d'autres parcelles des mêmes variétés ont reçu 30 000 kilos de fumier et 200 kilos d'azotate de soude; il est clair que si j'introduis au dénominateur de la fraction $\frac{(R - R')V}{P}$ dans

un cas 50 000 poids du fumier donné, et, dans l'autre cas, 30 200 poids du fumier et de l'azotate de soude, je n'aurai aucune valeur réelle, la comparaison ne portant pas sur des quantités semblables.

Il m'a paru que je pourrais tourner la difficulté en introduisant au dénominateur non plus le *poids de l'engrais lui-même*, mais le *poids de l'élément actif employé :* dans le cas particulier où nous sommes, on écrira dans la formule le poids d'azote contenu dans les 50 000 kilos de fumier dans un cas, le poids d'azote contenu dans 30 000 kilos de fumier et dans 200 kilos d'azote nitrique, d'autre part; les valeurs obtenues dans l'un et l'autre cas permettront de comparer la valeur du kilogramme d'azote fumier à celle du kilogramme azote fumier et azote nitrique mélangés.

En 1885, j'ai obtenu dans la culture du blé rouge d'Écosse un produit brut de 1130 francs sur la parcelle qui a reçue 50 000 kilos de fumier et 602 francs sur celle qui a été cultivée sans engrais, j'ai donc une différence de 528 francs, et comme j'ai employé 250 kilos d'azote pour obtenir cette différence, je puis trouver la valeur du kilogramme d'azote du fumier en divisant $\frac{528}{250} = 2$ fr. 11 c.

Quand j'ai donné comme fumure 30 000 kilos de fumier et 200 kilos d'azotate de soude, j'ai obtenu 1140 francs de produit brut, j'ai donc $1140 - 602 = 538$ francs, d'excédent de produit, qui, cette fois, ont été obtenus par l'emploi de 150 kilos d'azote du fumier et de 32 provenant des 200 kilos d'azotate de soude ou 182. Je trouve pour la valeur du kilogramme d'azote : fumier-nitrique $\frac{538}{182} = 2$ fr. 95. Ainsi le mélange du fumier et du nitrate fait ressortir le kilogramme d'azote à près de 3 francs, par conséquent à un chiffre beaucoup plus élevé que celui du kilogramme d'azote du fumier seul.

En appliquant le même mode de calcul au blé Browick nous trouvons pour la parcelle qui a reçu 50 000 kilos de fumier un produit brut de 956 francs, un produit de 620 francs pour la parcelle sans engrais, nous avons donc $\frac{956 - 620}{250} = 1$ fr. 34, c'est-à-dire un chiffre plus faible que pour le blé rouge d'Écosse. Quant à la parcelle qui a reçu le fumier mélangé de nitrate de soude, nous avons $\frac{942 - 620}{182} = 1$ fr. 75, le chiffre est encore plus fort que dans le cas du fumier seul, mais le prix du kilogramme d'azote est médiocre précisément parce que les quantités employées ont été excessives.

On verra mieux cette influence des fumures considérables par un autre exemple tiré des cultures de blé de Bordeaux de 1884; on a fait succéder du blé à du maïs, on a donné[1] à la parcelle 50, 5000 kilos de fumier et 200 kilos d'azotate de soude, on a obtenu 5950 kilos de paille et 34 quintaux métriques de grain, tandis que la parcelle sans engrais donnait 2675 kilos de paille et 21 quintaux métriques de grain; on a eu comme produit brut dans un cas 920 francs et 527 dans l'autre, la différence est de 393 francs qu'il faut diviser par $25 + 32 = 57$ poids de l'azote contenu dans les 5000 kilos de fumier et les 200 kilos d'azotate de soude; on a ainsi pour la valeur du kilogramme d'azote formé du mélange du fumier et de l'azotate de soude $\frac{393}{57} = 6$ fr. 89, chiffre bien supérieur à ceux qu'on a obtenus précédemment.

Quand, au contraire, on a employé pour essayer la résistance à la verse du blé de Bordeaux 50 000 kilos de fumier et 200 kilos d'azotate de soude, on a eu un produit brut de 926 francs dont il faut retrancher 527, produit brut de la parcelle sans engrais et qu'il faut diviser enfin par 282, poids d'azote introduit, on a seulement dans ce cas $\frac{399}{282} = 1$ fr. 41.

Il découle visiblement des renseignements précédents que le kilogramme d'azote présenté sous forme de mélange d'azotate de soude et de fumier n'acquiert une valeur élevée que lorsque l'engrais est distribué avec une certaine parcimonie.

Nous trouverons pour discuter la valeur de ce mélange quelques bons exemples dans les cultures d'avoine poursuivies à Grignon de 1875 à 1879.

Quand on a employé 10000 kilos de fumier enterré seul, on a obtenu une récolte moyenne de 677 francs (calculant la paille à 35 francs la tonne et le grain à 19 francs les 100 kilos); la parcelle sans engrais a donné une récolte de 512 francs, on trouve ainsi pour la valeur du kilogramme d'azote du fumier donné à la dose de 10000 : $\frac{77 - 512}{50} = 3$ fr. 30.

Quand on a employé 5000 kilos de fumier et 200 kilos d'azotate de soude, on a obtenu en moyenne 749 francs; le témoin donnant 512 francs de récolte, on a donc pour la valeur du kilogramme d'azote $\frac{749 - 512}{57} = 4$ fr. 17. Valeur supérieure à celle qui ressort de l'emploi du fumier seul.

1. *Ann. agronom.*, t. XI, p. 154.

Si enfin nous comparons à cette valeur du kilogramme d'azote fumier nitrate, à celui du nitrate seul, nous arrivons encore à une conclusion intéressante, la récolte de la parcelle considérée est seulement de 571. Si on en retranche 512 fournis par la parcelle sans engrais, on obtient 59 francs qui, divisés par 16 poids d'azote contenu dans les 100 kilos employés donne seulement 3 fr. 68.

Ainsi nous voyons que, sur l'avoine, des fumures modérées donnent les valeurs suivantes pour le kilogramme d'azote.

Azote du fumier	3 fr. 26
— du nitrate	3 fr. 68
— du mélange, fumier nitrate	4 fr. 17

Dans tous les cas examinés nous arrivons donc à cette conclusion : l'azote n'a pas la même valeur sous toutes ses formes, c'est en employant le mélange fumier azotate de soude que nous obtenons le chiffre le plus élevé.

La méthode précédente permet donc de mettre ces différences en relief et de savoir sous quelle forme l'azote de l'engrais employé sur un sol déterminé et à une culture particulière, présente le plus d'efficacité et acquiert par suite la valeur la plus haute.

REVUE DES TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

Physiologie végétale.

Sur la composition de quelques espèces de nectar, par M. A. VON PLANTA[1]. — Nous ne savons que bien peu de chose de la composition chimique du nectar, liquide sucré sécrété par les fleurs et que les abeilles récoltent pour faire le miel.

Il est en effet difficile d'en réunir des quantités suffisantes pour en faire l'analyse chimique. Il existe pourtant quelques espèces de plantes qui se distinguent par l'abondance extraordinaire de cette sécrétion. Tels sont entre autres quelques *Protea* indigènes du cap de Bonne-Espérance, notamment le *Protea mellifera*.

L'auteur put se procurer une certaine quantité de ce liquide; il a étudié ensuite le nectar assez abondant de deux plantes souvent cultivées soit dans les jardins, soit dans les serres, du *Tecoma radicans*, de la famille des Bignoniacées et de l'*Hoya carnosa*, de celle des Asclépiadées. Enfin, il a pu faire quelques déterminations sur le liquide obtenu en certaines fleurs par l'eau distillée.

1. *Ueber die Zusammensetzung einiger Nectar-Arten. Zeitschr. für physiolog. Chemie*, 1886, t. X, p. 227 à 247. *Centralbl. für Agriculturchemie*, 1886, p. 279.

1. Nectar du *Protea mellifera.*

Le *Protea mellifera* (Zuykerbosch, Zuykerboom, Tulpboom) est un arbuste de 2 mètres d'élévation qui prospère surtout dans les sols sablonneux. Les fleurs, longues de trois à quatre pouces[1], sont réunies en capitules entourées de bractées; au moment de la floraison qui a lieu en automne, dès le mois de mars, les capitules sont à moitié remplis d'un nectar qu'on débarrasse par filtration des insectes qui s'y sont noyés et du pollen, et qu'on épaissit sur le feu jusqu'à consistance sirupeuse. L'excellent sirop obtenu de cette façon est usité contre la bronchite et d'autres maladies des poumons.

L'auteur eut à sa disposition deux flacons contenant respectivement 922 et 1055 grammes de ce sirop brun foncé, d'une odeur aromatique rappelant les bananes et d'une saveur sucrée agréable. Il s'y était fait un dépôt cristallin de sucre de raisin qui, séché dans du papier à filtre, pesait 115 grammes, soit 11,98 p. 100 du contenu de l'un des flacons. La solution aqueuse du sirop est faiblement acide; on n'y a pas trouvé de matières albuminoïdes.

Cent parties de sirop contenaient :

Matière sèche	73,17

renfermant :

Glucose	70,08
Sucre de canne	1,31
Cendres	1,00

On a trouvé dans les cendres :

Acide phosphorique	1,04	p. 100
Acide sulfurique	4,64	—
Chlore	7,85	—
Potasse	15.00	—

Le sirop est lévogyre. La lévulose et la dextrose ne s'y trouvent pas dans la même proportion que dans le produit de l'inversion du sucre de canne, la lévulose domine.

Comme le miel des abeilles renferme un peu d'acide formique, il était intéressant de rechercher ce corps dans le sirop de *Protea*, mais le résultat a été négatif.

M. von Planta a même eu la bonne fortune d'examiner du nectar frais qui, enfermé dans des boites de fer-blanc hermétiquement closes, avait été maintenu pendant une heure et demie à 100°. C'est un liquide jaunâtre, un peu trouble, légèrement acide, d'une odeur aromatique et d'une saveur sucrée très agréable. Le filtre en sépare des grains de pollen et des champignons de la levure, tués par l'élévation de la température. Sa densité est de 1,078; il ne renferme pas de matières albuminoïdes. La matière sèche est de 17,66 p. 100, dont 17,06 sont du glucose. On n'a pu y déceler avec certitude la présence du sucre de canne. Traité par l'acide tannique et par l'acétate de plomb, il donne au saccharimètre de Soleil une déviation de 19,1 et respectivement de 18°. Il

1. L'auteur dit 9 pouces de longueur, ce qui nous paraît exagéré.

réduit à froid la liqueur de Fehling. En résumé le nectar ne diffère du sirop que par la grande quantité d'eau.

II. Nectar de l'*Hoya carnosa*, extrait des fleurs à l'aide d'une pipette.

Matière sèche du nectar frais : 40,77 p. 100. 5gr,4414 de nectar dissous dans 50 centimètres cubes d'eau et enfermés dans un tube de 200 millimètres dévient de 12° à droite.

Le nectar frais contient :

Sucre de canne	35,650 p. 100
Glycérine	4,990 —
Cendres	0,105 —

III. Nectar du *Tecoma radicans*, extrait à l'aide d'une pipette

Étendu de son volume d'eau, il dévie de 1 degré à gauche. Il renferme 15,30 p. 100 de matière sèche dont 14,84 reviennent à la glucose, et 0,437 au sucre de canne, et 0,45 de cendres ce qui équivaut à 3 de cendres p. 100 de matière sèche.

Comme le nectar du *Protea*, celui du *Tecoma* réduit à froid la liqueur de Fehling.

IV. Sucre trouvé dans les liqueurs qu'on obtient en traitant les fleurs par l'eau distillée.

Quoique l'eau enlève aux fleurs sans doute autre chose que le nectar, ce procédé indirect peut fournir des indications suffisamment exactes sur les quantités de sucre contenu dans le nectar.

a) Rose des Alpes (*Rhododendron hirsutum*). — 215 grammes de fleurs cueillies par une matinée sèche, ont été mises à digérer pendant une heure dans trois litres d'eau distillée. Le liquide a été décanté et on y a ajouté celui qui sortait des fleurs en les exprimant à la main. La solution très faiblement acide a été neutralisée par la soude et évaporée au bain-marie. Le résidu repris par l'eau donne une solution fortement colorée qui est traitée par l'acétate de plomb et ensuite débarrassée du plomb par l'hydogène sulfuré. Elle passe presque incolore à travers le filtre et peut très bien servir au titrage avec la liqueur de Fehling.

Les 215 grammes de fleurs ont fourni 1gr,3461 de glucose. On n'a pas trouvé de sucre de canne. Comme cent fleurs pèsent 75 grammes, il faut qu'une abeille visite au moins 2129 fleurs pour récolter 1 gramme de glucose correspondantà 1gr,3 de miel.

b) Acacia (*Robinia viscosa*). — On a suivi la même méthode que pour la rose des Alpes, 641gr,5 de fleurs fraîches donnent 0gr,3570 de glucose; pas de sucre de canne. Les abeilles doivent visiter 2000 fleurs pour récolter 1 gramme de sucre.

c) Sainfoin (*Onobrychis sativa*). — On a cueilli cette fois les capitules entiers, ce qui présente cet inconvénient que toutes les fleurs n'éclosent pas à la fois, 345 grammes de ces capitules donnent 0gr,1358 de glucose. Les abeilles visitent les fleurs écloses de 5000 capitules pour récolter 1 gramme de sucre.

Le miel des abeilles étant presque exclusivement fait avec la nectar des fleurs il est curieux de comparer entre elles les quantités d'eau contenue dans le nectar d'une part et dans le miel jeune ou vieux d'autre part.

	NECTAR.	MIEL VIEUX.	MIEL JEUNE.
Nectar de Protea	82.34	—	—
Nectar de Hoya carnosa	59.23	—	—
Nectar de Tecoma	84.70	—	—
Nectar de Fritillaire	93.40	—	—
Département des Landes	—	19.09	—
Sénégal	—	25.59	—
Miel Mélipon	—	18.84	—
Grisons (2000 pieds d'altitude)	—	18.61	21.74
Miel de sainfoin	—	19.44	—
Grisons (4650 pieds d'altitude)	—	17.52	—
Grisons (grandes hauteurs)	—	—	21.68
Miel de sarrasin	—	—	33.36
Miel d'acacia (Ingolstadt)	—	—	20.29

Tandis que les nectars renferment de 59 à 93 p. 100 d'eau, les miels vieux n'en contiennent que 17 à 25 et les miels jeunes 20 à 21 p. 100. Dans un seul cas on a trouvé pour ces derniers 33 p. 100. On ne peut guère admettre qu'il se perde beaucoup d'eau pendant les quinze jours que les rayons à miel restent ouverts; on sait du reste que les abeilles rejettent un miel déjà très concentré, il faut donc que l'eau soit enlevée au nectar dans le corps même de l'insecte.

Quant aux sucres contenus dans le miel, il est à remarquer que le plus souvent on n'y rencontre que de très faibles quatités de sucre de canne, quelquefois même aucune trace de ce corps. Or, le nectar en renferme souvent des proportions notables. On peut donc croire que la salive des abeilles intervertit le sucre de canne.

Le miel renferme en outre un peu d'azote et d'acide formique.

M. Müllenhof suppose qu'avant de fermer les cellules, les abeilles introduisent un peu d'acide formique dans le miel à l'aide de leur dard.

Il est bon de faire remarquer que M. Erlenmeyer a démontré les propriétés fortement antiseptiques de l'acide formique.

Sur la formation de la chlorophylle et ses fonctions, par M. le Dr Gilbert[1]. — Les plantes de même espèce ne présentent pas toujours une coloration verte de même intensité. A première vue on aurait pensé que la coloration plus ou moins vive est en relation avec l'assimilation du carbone.

— L'auteur eut l'occasion de faire des expériences à ce sujet dans le champ d'expériences de Rothamsted. Il trouve que la coloration est plutôt en relation avec la richesse en matières azotées qu'avec l'assimilation du carbone.

1. *Gardener's Chronicle*, 1885. — *Chemical News*, t. LII, p. 263. — *Centralbl. f. Agriculturchemie*, 1886, p. 373 et 376.

L'état de la forme des organes, de leur structure, de leur situation et de leur répartition parmi les espèces dont le régime est connu, conduit à des hypothèses dont la démonstration est difficile. On reproche, non sans raison, à la nouvelle école anatomo-physiologique de se contenter de vraisemblances. Le désir de prouver l'existence réelle des fonctions seulement soupçonnées est donc des plus légitimes.

La série d'études microphysiologiques que j'ai entreprises et dont je commence aujourd'hui la publication a pour but de combler cette lacune.

PREMIÈRE PARTIE.

L'Épiderme simple.

Par son indépendance morphologique, par la cohésion et la forme particulière de ses cellules, par les organes secondaires auxquels il donne naissance, par l'absence habituelle de la fonction chlorophyllienne, l'épiderme est évidemment un des tissus les plus intéressants de la plante. La cuticule, augmentée des parties cutinisées de la membrane, la cire qui la recouvre fréquemment, les poils, lorsqu'ils sont abondants, et peut-être surtout les poils marcescents, protègent la plante contre une transpiration trop active, les stomates la facilitent et la règlent. La membrane externe épaissie, à laquelle s'ajoutent les parois latérales souvent épaissies également en tout ou en partie, jouent un rôle mécanique et servent de soutien à la feuille. Quelquefois même, comme je l'ai montré pour le *Lœtia coriacea*, de la famille des Bixinées, l'épiderme inférieur aussi bien que supérieur est entièrement sclérifié.

Tandis que la fonction protectrice ne peut pas se trouver en conflit avec celle de réservoir, il doit y avoir partout antagonisme entre cette dernière et la fonction mécanique.

Il s'agit de voir jusqu'à quel point l'épiderme plus ou moins adapté à ces fonctions mécaniques, et malgré ces fonctions, peut encore servir de réservoir d'eau.

Les réflexions qui m'ont guidé dans ces recherches sont les suivantes. Une cellule vivante remplie par son protoplasma et son suc cellulaire ne peut jouer le rôle de réservoir d'eau que lorsqu'elle peut alternativement augmenter et diminuer de volume. J'aurai établi l'existence de cette fonction quand j'aurai démontré que

l'épiderme d'une feuille qui transpire sans recevoir de l'eau du dehors, par exemple celui d'une feuille coupée, diminue de volume avant que la feuille perde sa turgescence générale et qu'il augmente de nouveau de volume lorsque de l'eau est mise à la disposition de la feuille. Je n'ai étudié que des épidermes privés de chlorophylle dont le corps protoplasmique, incapable d'assimiler le carbone et par conséquent moins riches en hydrates de carbone solubles, attire l'eau avec moins de force que celui des cellules assimilatrices. Or, ces dernières ne peuvent attirer l'eau des cellules épidermiques qu'en vertu de la force osmotique. Il était donc indiqué d'étudier les changements de volume des cellules épidermiques dans des solutions salines différemment concentrées. J'ai été amené ainsi à suivre deux méthodes différentes dont on trouvera plus loin la description détaillée et qui sont :

1° La méthode des coupes transversales observées sous l'huile, les hauteurs des cellules épidermiques étant mesurées directement sur un dessin fait à la chambre claire ;

2° Celle de la vis micrométrique. Une coupe tangentielle faite à la face supérieure de la feuille et comprenant l'épiderme et une assise de cellules sous-jacentes est traitée par les solutions salines et la hauteur des cellules est mesurée par la quantité dont il faut faire tourner la mollette de la vis micrométrique pour passer de la mise au point à la face supérieure de l'épiderme à celle qui correspond à la face inférieure.

Voici, en résumé, les résultats auxquels je suis arrivé :

1° Étant donnée la variété des espèces étudiées, il est permis de dire que les fonctions de réservoir ne sont pas l'apanage exclusif des épidermes très volumineux, mais que l'épiderme de presque toutes les plantes aériennes, quelque faible qu'il soit, joue le rôle de réservoir.

2° Dans les conditions ordinaires, la diminution de volume de l'épiderme est d'environ un quart à un tiers de son volume primitif, mais elle peut devenir beaucoup plus forte dans les cas extrêmes.

3° Tandis que chez certaines plantes, comme le *Tradescantia zebrina,* dont l'épiderme très volumineux évoque de suite l'idée d'un réservoir d'eau, la quantité d'eau mise ainsi à la disposition du tissu transpirateur est fort importante, de $0^{r},012$, par centimètre carré dans un cas concret, elle est absolument minime dans d'autres : en effet chez le fusain la perte subie par l'épiderme supé-

rieur n'est guère que de $0^{gr},0008$ par centimètre carré, et c'est là le cas le plus fréquent.

4° Les cellules de l'épiderme sont solidaires. Une perte subie en un endroit de l'épiderme se répartit sur les cellules avoisinantes et se fait sentir peut-être à une grande distance.

5° Lorsque la cellule épidermique se plasmolyse, c'est-à-dire, lorsque le plasma a perdu une telle quantité d'eau qu'il se détache de la membrane cellulosienne, le squelette cellulosien change subitement de propriétés. Il devient le jouet des actions mécaniques et capillaires; son volume augmente ou diminue selon la charge qu'il porte au lieu d'être à peu près insensible à cette charge comme il l'est à l'état normal.

6° Lorsque la plasmolyse n'a pas été trop forte on peut ramener l'état normal, du moins en apparence, en traitant la cellule par une solution saline très diluée ou par l'eau pure.

7° Les changements de volume sont rendus possibles par l'infléchissement de la paroi externe, ou de la paroi externe et de la paroi interne, ou de la paroi interne seule, par le gauchissement de la paroi externe lorsque celle-ci est bombée, par l'inclinaison des parois latérales, par le plissement transversal régulier ou irrégulier, souvent en S, des parois latérales ou d'une partie de ces parois.

Plusieurs fois je n'ai pu remarquer aucun pli dans les parois latérales, malgré leur raccourcissement assez considérable ; les parois seraient-elles à ce point extensibles?

8° Lorsque la préparation est dans l'eau, l'adhérence entre le corps protoplasmique est assez grande pour que celui-ci entraîne la paroi cellulosienne dans son mouvement de retrait, ou bien l'enveloppe cellulosienne très élastique revient à son état neutre. Lorsque l'épiderme confine à l'air, la pression atmosphérique pesant sur la paroi cellulosienne, imperméable à l'air gazeux, s'ajoute évidemment à cette force de traction.

L'augmentation de volume me paraît être due à l'exagération, par perte d'eau, du pouvoir osmotique de l'épiderme combiné avec la diminution du pouvoir osmotique, par afflux d'eau, des cellules assimilatrices. On pourrait du reste prévoir théoriquement d'autres modes d'alimentation de l'épiderme, par exemple par l'intermédiaire des tissus incolores qui rattachent souvent la partie ligneuse des faisceaux à l'épiderme. Cette liaison est en effet beaucoup plus fréquente à la face supérieure qu'à la face inférieure dont la situation par

rapport au faisceau est du reste peu favorable. M. Westermaier est de cet avis.

Tels sont, dans leur ensemble, les résultats exacts de ces recherches. Je demande la permission d'y rattacher quelques réflexions relatives à la téléologie de particularités anatomiques de l'épiderme et aux relations entre les fonctions de ce tissu et la physiologie générale des plantes.

a. *Remarques sur le mécanisme des changements de volume.* — J'ai indiqué plus haut les modifications que subissent les parois cellulaires pendant la diminution de volume. Ces modifications peuvent être facilement observées au microscope. Mais certaines particularités anatomiques bien connues me semblent dépendre en première ligne de l'antagonisme entre les fonctions de réservoir et les fonctions mécaniques. Un premier pas vers l'adaptation aux fonctions mécaniques est obtenu par l'épaississement plus ou moins considérable de la paroi externe. La réunion des parois externes des cellules épidermiques forme alors un plancher solide qui repose sur les parois latérales flexibles et qui se meut pour ainsi dire en bloc lorsque les cellules diminuent ou augmentent de volume.

Une plus grande rigidité est obtenue par l'épaississement souvent assez considérable de la partie externe des parois latérales dont l'ensemble constitue un réseau de lames solides implantées perpendiculairement sur la paroi externe également épaissie. La partie inférieure des parois latérales reste presque toujours mince et assure aux cellules épidermiques le pouvoir de diminuer de volume dans une certaine mesure. Quelquefois, comme chez le *Polypodium vulgare*, les parois latérales sont médiocrement épaissies sur toute leur étendue, sans devenir pourtant rigides; l'expérience a montré que la diminution de volume est dans ce cas extrêmement faible. Très rarement enfin, ainsi qu'il a été dit plus haut, les fonctions de réservoir sont entièrement sacrifiées aux fonctions mécaniques.

Il est intéressant de voir de quelle manière la solidarité des cellules épidermiques est conservée en dépit de l'épaississement des parois latérales. La partie restée mince peut évidemment suffire à l'échange des liquides dans un grand nombre de cas; mais très souvent on y remarque des ponctuations sur la forme et la disposition desquelles je désire attirer l'attention. Les ponctuations circulaires

ou de forme analogue conviennent lorsque les parois ne doivent pas subir de plissements très accentués de nature à les oblitérer. On pourrait même ajouter, sans trop se laisser entraîner par l'imagination, que ces ponctuations doivent être disposées de manière à ne pas former par leur juxtaposition suivant une ligne horizontale un endroit faible qui céderait le premier en cas de diminution de volume, mais qu'elles doivent plutôt s'imbriquer d'une manière plus ou moins régulière.

La forme de boutonnières verticales, que tous les anatomistes doivent souvent avoir observée, est utile sur des parois qui se plissent facilement ; elle assure l'échange de l'eau sans affaiblir un endroit de la paroi au détriment d'un autre. Lorsque la partie supérieure des parois latérales est épaissie, les ponctuations occupent de préférence la zone située entre la partie mince et la partie épaissie ; elles appartiennent, si on veut, à la partie mince, mais elles empiètent sur la partie épaissie. Supposons que la partie mince est plissée de telle façon que le bord des parties épaissies repose presque complètement sur la paroi inférieure, il existera toujours des ponctuations qui ne peuvent s'oblitérer qu'en partie et qui permettent aux cellules de l'épiderme de se transmettre facilement, l'eau venant par exemple des nervures.

J'admets volontiers qu'on puisse découvrir des exceptions, mais il me paraît impossible de nier que ces diverses formes et dispositions des ponctuations ne soient réellement utiles.

b. *Coïncidence entre les fonctions de réservoir et l'absence de la chlorophylle.* — Le jeu des fonctions de réservoir de l'épiderme repose sur la différence entre le pouvoir osmotique des cellules assimilatrices et celui des cellules épidermiques. Tous les auteurs qui se sont incidemment occupés de cette question attribuent le faible pouvoir osmotique des cellules épidermiques à l'absence de la chlorophylle, c'est-à-dire à l'absence de la fonction d'assimilation du carbone. Les plantes aquatiques submergées ont l'épiderme chargé de chlorophylle. Un grand nombre de plantes aériennes présentent également dans les cellules épidermiques un nombre variable de grains de chlorophylle. Or, si on embrasse d'un coup d'œil toutes ces nombreuses exceptions, on reconnaît aisément que les plantes en question sont au moins en général hygrophiles, tandis que les espèces xérophiles et surtout les espèces ligneuses ont un épiderme dépourvu de chlorophylle. Cette coïncidence me fait penser que l'ab-

sence de la chlorophylle dans les cellules épidermiques est en relation avec l'adaptation de ce tissu aux fonctions de réservoir[1].

c. *Utilité des fonctions de réservoir de l'épiderme.* — La quantité d'eau cédée par l'épiderme au tissu assimilateur en temps de disette est si faible qu'elle ne saurait couvrir les pertes que pendant un temps très court, sauf pourtant chez quelques plantes où ce tissu occupe un volume considérable relativement au tissu assimilateur de la feuille. On doit se demander à quoi peut servir une réserve transpiratoire aussi minime.

L'opinion que je vais formuler repose sur les deux idées suivantes :

1° La transpiration et l'absorption ne sont pas toujours égales. Un échauffement brusque de la plante ou d'un organe, d'une feuille, par exemple, a pour double effet de hâter la transpiration et de diminuer l'arrivée de l'eau. D'autres causes, peut-être variées mais encore mal connues, introduisent également des inégalités dans le courant de transpiration. J'en ai fourni autrefois quelques exemples. Or, une perte d'eau extrêmement faible de la part des cellules assimilatrices suffit pour déprimer notablement la pression intracellulaire.

L'épiderme me semble destiné à effacer toutes ces inégalités. On ne saurait mieux le comparer qu'à un réservoir élastique intercalé entre le lieu de dépense et le lieu d'arrivée.

2° Dans un travail récent, M. Müller (Thurgovie)[2] montre que l'action des diastases est très notablement activée par la pression. De son côté M. Kreusler[3] trouve que l'assimilation par une feuille s'arrête presque complètement lorsque cette feuille perd de l'eau, même longtemps avant qu'elle se fane visiblement. On voit donc que les deux principaux phénomènes de la vie végétale, la formation et la migration des hydrates de carbone, sont intimement liés à la haute pression qui règne dans les cellules assimilatrices. Mais un ralentissement, si passager qu'il soit, de l'arrivée de la sève

1. Les cellules stomatiques renferment de la chlorophylle. Le stomate est en effet un appareil tout particulier au milieu de l'épiderme, doté d'une turgescence spéciale et doué d'une vitalité extrême. — Voy. à ce sujet, H. Leitgeb. *Beiträge zur Physiologie der Spaltöffnungsapparate. Mittheilungen. des bot. Instituts zu Graz*, t. Ier.

2. *Zur Kenntniss der Wirkung von Diastase und Intervertin.* — *Landw. Jahrb.*, 1885.

3. *Ueber eine Methode zur Beobachtung der Assimilation und Athmung.* — *Ibid.*, 1885.

Cette fois l'épiderme supérieur a été réduit aux 82 centièmes de son volume primitif, tandis que l'épiderme inférieur, qui a relativement perdu davantage, n'a plus qu'environ 66 p. 100 de sa hauteur initiale.

Dans la situation normale de la feuille il est permis de croire que les assises supérieures du mésophylle, plus exposées à la lumière que les autres, perdent également plus d'eau et empruntent ce liquide au réservoir immédiatement contigu, c'est-à-dire à l'épiderme supérieur.

Pour élucider ce point, j'ai fait plusieurs expériences de la manière suivante. Après avoir pratiqué dans deux carrés de carton une fenêtre de la figure d'une moitié de feuille, mais un peu plus petite, j'ai partagé une feuille coupée suivant la nervure médiane; j'ai examiné de suite l'une des moitiés tandis que l'autre, placée entre les deux cartons de manière à se trouver tendue dans la double fenêtre, était placée, l'épiderme supérieur en-dessous, sur une petite capsule contenant de l'eau. De cette façon la lumière n'arrivait aux cellules en palissades que tamisée à travers le parenchyme spongieux et l'épiderme supérieur était en contact avec une atmosphère confinée, saturée de vapeur d'eau.

L'expérience a duré treize heures et a fourni les chiffres ci-dessous :

	Avant. mm.	Après. mm.
Hauteur de l'épiderme supérieur........	0.240	0.113
— du mésophylle	0.090	0.090
— de l'épiderme inférieur.........	0.120	0.087

L'épiderme supérieur a été réduit aux 47/100 et l'inférieur aux 73/100 du volume primitif. L'épiderme inférieur a perdu beaucoup moins d'eau que le supérieur, non seulement d'une manière relative, mais encore d'une manière absolue. Il est facile de juger du résultat de l'expérience au moment même où l'on débarrasse la moitié de feuille des deux cartons qui la maintenaient dans une position plane : elle se roule aussitôt en gouttière, la face supérieure se trouvant dans la concavité, l'épiderme inférieur sur la convexité. L'épiderme supérieur, relâché par suite de la perte excessive d'eau, est vaincu par la turgescence relativement plus forte de l'épiderme inférieur et du mésophylle.

Dans une de ces expériences, qui a même duré quarante-huit heures, l'épiderme inférieur n'a pas perdu d'eau :

	Avant.	Après.
	mm.	mm.
Hauteur de l'épiderme supérieur.........	0.170	0.120
— de l'épiderme inférieur.........	0.087	0.087

Il est vrai que la feuille a perdu bien peu d'eau pour une durée aussi longue.

La structure anatomique de l'épiderme laissait prévoir que toutes les cellules sont solidaires, c'est-à-dire que la perte d'eau subie par l'une d'entre elles est répartie aussitôt sur toutes les autres, en d'autres termes que l'eau passe facilement d'une cellule dans sa voisine à travers la paroi latérale séparatrice. Mais quelque vraisemblable que fût cette idée préconçue, il était bon de la vérifier par l'expérience.

Une feuille coupée de *Tradescantia* a été enveloppée complètement dans une feuille de papier d'étain dans laquelle j'avais découpé des ouvertures en forme de boutonnière étroite. La lumière ne pouvait parvenir au tissu vert que par ces étroites fenêtres. La feuille ainsi préparée a été abandonnée à elle-même pendant trois jours et exposée au soleil aussi souvent que les circonstances le permettaient. Le papier d'étain ayant été enlevé, on a fait des coupes transversales dirigées perpendiculairement à l'une des boutonnières, travail facile à exécuter parce que l'emplacement des ouvertures est marqué en vert clair sur un fond vert foncé, on sait pourquoi.

Les coupes examinées sous l'huile ont montré l'épiderme *à peu près* également affaissé dans toute son étendue. Il était absolument impossible de distinguer au microscope les endroits éclairés des autres. Il faut en conclure que, du moins dans les conditions de l'expérience (qui a peut-être duré trop longtemps), les cellules épidermiques se cèdent mutuellement de l'eau de manière à distribuer uniformément sur toutes les cellules la perte subie en un endroit déterminé.

Toutes ces expériences prouvent que l'épiderme supérieur et inférieur de la feuille du *Tradescantia zebrina* joue bien le rôle de magasin d'eau et que les parois cellulosiennes de ces cellules sont disposées de manière à faire de chaque cellule un soufflet comparable au soufflet d'un appareil photographique et permettant les changements de volume les plus étendus.

b. *Expériences osmotiques.* — 1. Nous savons que les deux épidermes ne sont pas toujours des réservoirs d'eau également efficaces, puisque souvent l'épiderme inférieur se refuse à abandonner de l'eau alors que l'épiderme supérieur a déjà fortement diminué de volume.

Les essais plasmolytiques que j'ai faits sur les deux épidermes, dans le but de découvrir sous ce rapport une différence entre les deux tissus, ne m'ont pas fourni de résultats bien nets.

Une solution de sucre de canne à 20 p. 100 détermine la plasmolyse dans les cellules de l'un et de l'autre épiderme, tandis que les solutions plus faibles n'ont rien produit.

2. Lorsqu'on entame l'épiderme supérieur de la feuille turgescente à l'aide d'un rasoir, si légèrement que ce soit, on voit sourdre immédiatement de la blessure une gouttelette de liquide dont le volume paraît même, à première vue, hors de proportion avec la petitesse de la blessure. Il est facile de recueillir et de réunir sur une lame de verre, à l'aide d'une pipette capillaire, une petite quantité de ce liquide hyalin qui ne tarde pas à abandonner par évaporation une grande quantité de cristaux de salpêtre. Le salpêtre est si abondant dans cette plante[1] que les feuilles séchées brûlent avec une rapidité extrême en donnant une flamme violette et que la tige fraîche, chauffée dans une flamme, fait partir des étincelles vives accompagnées de petites détonations fort perceptibles.

Les expériences dont je vais exposer le résumé ont eu pour objet de jeter quelque jour sur le mécanisme intime de l'abandon de l'eau de la part des cellules épidermiques. Il était *à priori* fort probable que l'absorption et l'émission de l'eau par les cellules de l'épiderme et par conséquent leurs changements de volume, reposent sur des phénomènes osmotiques. Or nos connaissances sur cet ordre de faits sont aujourd'hui suffisamment avancées, grâce surtout aux recherches de M. de Vries, pour qu'il me fût permis de réaliser artificiellement les conditions dans lesquelles l'épiderme aquifère perd ou gagne de l'eau.

Voici comment ces expériences ont été conduites. Il est malaisé d'étudier les changements de volume des cellules sur des coupes transversales, parce qu'on est obligé de faire des coupes trop épaisses

1. Il est bon de dire que la plante avait été arrosée deux mois avant l'expérience avec de l'eau tenant du salpêtre en solution.

et que même dans ce cas il n'est pas très facile d'examiner les cellules intactes au microscope. Il était donc préférable de faire des coupes tangentielles enlevant à la fois un large bandeau d'épiderme et une assise des cellules sousjacentes; peu importait que ces dernières cellules fussent blessées ou non par le rasoir, l'important, c'était d'obtenir une assez grande étendue d'épiderme intact. Cet épiderme étant placé sous le microscope, il s'agissait d'en pouvoir mesurer la hauteur à chaque instant de l'expérience.

Pour cela j'ai fixé sur la tête de la vis micrométrique du microscope un petit disque en papier divisé sur sa circonférence en 100 parties égales. Une fine aiguille fixée avec de la cire à la colonne de l'instrument affleurait au bord du limbe gradué. Le pas de la vis est exactement de $0^{mm},500$. En faisant tourner à droite la tête de vis d'une division, j'abaisse le tube du microscope de un deux-centième de millimètre.

Pour fixer les idées, mettons en place une préparation d'épiderme supérieur plongée dans une goutte d'eau et recouverte de la lamelle mince. Mettons au point de manière à voir nettement la trace des parois latérales des cellules épidermiques sur la paroi externe; notons le numéro de la division à laquelle est arrêtée la pointe de l'aiguille. Mettons ensuite au point de manière à voir la trace des cellules en palissades sur la paroi interne des cellules épidermiques, nous aurons un nouveau nombre qui, retranché du premier, donne la hauteur de la cavité d'une cellule épidermique plus l'épaisseur de la paroi interne; or, d'abord cette paroi interne est à fort peu de chose près également épaisse dans toutes les cellules, et ensuite elle est tellement mince qu'on peut la négliger à côté de la hauteur considérable de la cavité cellulaire. Il aurait été facile d'ailleurs d'introduire une correction dans ce petit calcul, mais j'ai jugé cette complication peu utile.

La hauteur de la cellule épidermique est par exemple de $0^{mm},085$ au début. Faisons couler une forte goutte de glycérine sous la lamelle mince; aussitôt commence un mouvement de contraction si rapide qu'il faut constamment changer la mise au point pour apercevoir la trace supérieure des parois latérales.

Dans l'expérience que j'ai prise comme exemple, le maximum de contraction des cellules épidermiques a été atteint en quatorze minutes. La hauteur de l'épiderme était alors réduite à $0^{mm},015$, c'est-à-dire au sixième de son volume primitif. Sur les bords de la

préparation l'axe vertical des cellules épidermiques s'incline fréquemment de manière à rendre visibles les parois latérales qui apparaissent avec leurs nombreux plis transversaux.

Faisons maintenant l'expérience inverse. Une feuille détachée étant restée vingt-quatre heures à l'air est traitée de la même façon. La préparation de l'épiderme est placée à sec sur la lame porte-objet et recouverte d'une lamelle mince. Je mesure la hauteur de l'épiderme qui est égale à $0^{mm},055$. Je fais couler de l'eau pure sous la lamelle mince; au bout de deux minutes, la hauteur de l'épiderme est de $0^{mm},06$; au bout de douze minutes, $0^{mm},098$, chiffre qui n'a pu être dépassé, quoiqu'il restât encore des plis visibles dans les parois latérales.

Il est donc acquis que l'épiderme supérieur fortement aplati à la suite d'une transpiration active a pu augmenter considérablement de volume en quelques minutes.

Les essais dont je viens d'exposer des exemples ne peuvent passer pour concluants que lorsqu'on s'est bien assuré de l'intégrité du corps protoplasmique des cellules. Nous verrons en effet bientôt que la cellule, ainsi qu'il fallait le prévoir, se comporte très différemment suivant qu'elle est plasmolysée ou que l'utricule primordiale reste appliquée de toutes parts sur la membrane cellulosienne. L'emploi de la glycérine pure pour déterminer la perte d'eau n'est donc pas sans inconvénient.

Il me reste à étudier les trois questions suivantes :

Comment la cellule épidermique turgescente se comporte-t-elle vis-à-vis de pressions purement mécaniques?

Comment se comporte-t-elle à l'état plasmolysé?

Comment se comporte-t-elle à l'état turgescent vis-à-vis des solutions avides d'eau?

Résistance de la cellule épidermique turgescente a la pression. — Il ne s'agit pas de fortes pressions, mais en première ligne de la pression très faible, exercée par la lamelle mince qui recouvre la préparation. Lorsque l'eau de la préparation est assez abondante pour déborder de toutes parts, la lamelle mince flotte sur la goutte de liquide et la préparation ne subit de sa part qu'une pression extêmement faible ou même nulle. L'eau de la préparation est-elle au contraire en quantité minime, il se produit aux bords de la lamelle mince ou en des endroits quelconques au-dessous de celle-ci un ménisque concave continu qui tend à rapprocher la

lamelle mince de la lame porte-objet; dans ces conditions non seulement la lamelle mince pèse de tout son poids sur l'épiderme, mais l'attraction capillaire vient encore s'ajouter à ce poids.

Nous avons donc là un moyen très simple de faire varier rapidement la pression exercée sur l'épiderme turgescent.

Un épiderme de *Tradescantia* étant préparé comme dans les expériences précédentes, j'ajoute un grand excès d'eau à la préparation et je note la hauteur d'une cellule épidermique de minute en minute : j'obtiens successivement les chiffres suivants :

0mm, 120; 0mm, 120; 0mm, 115.

J'enlève l'excès d'eau à l'aide d'une bandelette de papier buvard jusqu'à ce que le ménisque se soit formé sur le pourtour. La hauteur de l'épiderme devient :

0mm, 125; 0mm, 125.

J'ajoute de nouveau un grand excès de liquide et je note successivement pour la hauteur de l'épiderme :

0mm, 115; 0mm, 115.

Ainsi, non seulement la pression mécanique ne diminue pas la hauteur des cellules épidermiques turgescentes, mais elle peut même l'augmenter, du moins en apparence. Je crois pouvoir expliquer, de la manière suivante, ce résultat paradoxal que j'ai obtenu plus d'une fois.

Il m'a été impossible de mettre un point au milieu de la paroi externe d'une cellule épidermique parce qu'il n'existe aucun point de repère en cet endroit; il faut donc mettre un point sur la trace d'une paroi latérale et instinctivement on choisit même pour point de repère l'intersection de deux parois latérales. Or il peut se faire que la paroi externe de la cellule soit légèrement bombée; la pression de la lamelle mince ne peut alors s'exercer qu'au milieu de chaque cellule. Si la cellule turgescente ne diminue pas de volume sous l'influence de la pression, elle ne peut s'aplatir au sommet qu'en se dilatant dans un autre endroit où elle rencontre le moins de résistance; cet endroit me paraît correspondre précisément au pourtour de la cellule qui se soulève, tandis que le milieu s'abaisse; en même temps les parois latérales très extensibles grâce aux plis transversaux qui sont loin d'être entièrement effacés dans une cellule

de 0^{mm},120 de hauteur, augmentent de hauteur et donnent lieu à l'illusion.

Cette difficulté étant écartée je puis reproduire les résultats d'une expérience plus complète.

A. Épiderme supérieur dans une petite quantité d'eau. Ménisque sur le pourtour de la lamelle mince.

Heures.	Hauteur de l'épiderme. mm.	Heures.	Hauteur de l'épiderme. mm.
10.51	0.185	10.55	0.170
10.52	0.175	10.57	0.175
10.53	0.170		

J'ajoute un grand excès d'eau.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
10.58	0.165	11.2	0.15
10.59	0.165		

J'enlève l'excès d'eau avec du papier buvard. Ménisque aux bords de la lamelle.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
11.3	0.165	11.8	0.165
11.4	0.160	11.9	0.170
11.6	0.165	11.10	0.165

Je charge la lamelle mince d'un fil de fer recourbé en U et pesant environ trois quarts de gramme :

Heures.	mm.	Heures.	mm.
11.13	0.165	11.17	0.160
11.14	0.165	11.19	0.165

Je place de chaque côté sur la lamelle mince un poids de 2 grammes. Charge totale: 4 grammes plus l'attraction capillaire.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
11.23	0.165	12.16	0.165
11.24	0.165	12.26	0.165

Les poids de 2 grammes sont remplacés par des poids de 10 grammes (malheureusement l'un de ces poids ne se repose pas entièrement sur la lamelle mince).

Heures.	mm.	Heures.	mm.
12.17	0.155	12.54	0.160
12.31	0.150	1.1	0.155
12.48	0.155		

Cette expérience montre que l'épiderme qui a servi à l'expérience avait déjà une tendance manifeste à diminuer de volume, puisque, dans l'eau pure, sa hauteur s'est abaissée en quatre minutes de 0mm,185 à 0mm,175. Il est possible que cette diminution de 0mm,01 soit due à la pression, mais la lamelle ayant été soulevée par un grand excès d'eau, une nouvelle diminution de 0mm,01 s'est produite aussitôt, fait en concordance avec l'expérience précédente. Tous les excès de charge mis en œuvre ont abouti à faire diminuer la hauteur de l'épiderme de 0mm,01.

Il est donc clair que la cellule turgescente résiste bien à des pressions mécaniques modérées.

D'après tout ce que nous savons des propriétés osmotiques de la cellule, le sac protoplasmique est naturellement la seule partie de la cellule à laquelle ce résultat puisse être attribué.

Néanmoins il était bon de vérifier cette manière de voir par l'expérience, il suffisait pour cela de provoquer d'abord la plasmolyse et de voir ensuite si la cellulle épidermique est encore capable de résister à la pression de la lamelle mince :

L'épiderme préparé est placé dans une solution de nitrate de potasse à 13 p. 100.

Sa hauteur avant l'expérience était de 0mm,120. La plasmolyse s'est produite au bout de 3 minutes.

A partir de ce moment les hauteurs suivantes ont été notées.

A. *Solution abondante.*

Heures.	mm.	Heures.	mm.
9.27	0.120	9.29	0.125
9.28	0.125		

J'enlève l'excès de la solution avec du papier buvard : ménisque aux bords de la lamelle mince.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
9.31	0.100	9.34	0.055
9.32	0.085	9.35	0.045

J'ajoute un grand excès d'eau.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
9.37	0.080	9.41	0.100
9.38	0.090	9.51	0.105

J'enlève l'excès d'eau.

9.48	0.070

Je fais circuler de l'eau sur la préparation afin d'enlever le reste du salpêtre.

Grand excès d'eau.

Heures.	mm.
10.30	0.115

J'enlève l'excès d'eau.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
10.32	0.115	10.36	0.050
10.33	0.095	10.38	0.035

J'ajoute de nouveau un grand excès d'eau.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
10.40	0.065	10.41	0.110
10.42	0.100		

L'influence de la plasmolyse ressort ici avec la plus grande netteté. Aussitôt qu'elle est produite, le squelette de la cellule devient le jouet des actions mécaniques. Toutes les fois qu'on enlève l'excès d'eau de la préparation et que la lamelle mince, par son poids et par l'attraction capillaire, pèse sur la cellule épidermique, les parois latérales se plissent et la hauteur de la cellule peut se réduire à $0^{mm},035$. Lorsqu'on ajoute de nouveau quelques gouttes d'eau à la préparation, la lamelle mince est soulevée et la cellule épidermique augmente rapidement de volume pour atteindre jusqu'à $0^{mm},115$ de hauteur. Il n'est pas impossible que l'élasticité des parois plissées joue un rôle dans cette augmentation de volume, mais il est clair d'un autre côté que la capillarité suffirait pour la produire.

La même expérience réussit également avec la glycérine, mais si on ne remplace pas ce liquide par de l'eau une fois que la plasmolyse est produite, les mouvements mécaniques sont d'une lenteur extrême, à cause de la viscosité du liquide.

Ce qui est particulièrement remarquable dans cette expérience, c'est que la cellule une fois plasmolysée par la solution salpêtrée à 13 p. 100 n'a pas été ramenée à son état normal après un séjour de plus d'une heure dans l'eau distillée, quoique toute apparence de plasmolyse eût disparu depuis longtemps.

On peut observer facilement le retour à l'état normal quand on se sert d'une solution de salpêtre à 2 p. 100, et qui peut encore dans quelques cas déterminer la plasmolyse, ou d'une solution à 4 p. 100.

Dès que la plasmolyse est intervenue, la cellule épidermique diminue ou grandit suivant qu'il y a peu ou beaucoup de liquide sur la préparation. Mais sous l'influence de l'eau pure la turgescence revient, la cellule cesse d'obéir passivement aux influences mécaniques. On peut même provoquer de nouveau la plasmolyse et l'état particulier qui en est la conséquence.

Je termine cet exposé déjà trop long par le résumé de deux expériences destinées à montrer que le jeu des cellules épidermiques aquifères repose bien sur l'osmose, et qu'il n'est que favorisé par une structure mécanique telle que des changements de volume d'une grande amplitude sont possibles.

3. L'OSMOSE PRÉSIDE AUX FONCTIONS DE L'ÉPIDERME AQUIFÈRE. — Un épiderme préparé comme dans les expériences précédentes est placé dans une solution de nitrate de potasse à 2 p. 100 que je laisse s'évaporer lentement.

Hauteurs successives d'une même cellule épidermique.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
1.37	0.140	2.38	0.105
1.50	0.130	3.00	0.095
1.59	0.120	3.18	0.095
2.22	0.110	3.23	plasmolyse.

Ainsi cette cellule a pu perdre, sans se plasmolyser, près du tiers de son volume initial dans une solution de salpêtre à 2 p. 100 abandonnée à l'évaporation, c'est-à-dire à la concentration spontanée.

Comme dans l'expérience précédente, cet épiderme plasmolysé a subi de fortes variations de volume (de $0^{mm},130$ à $0^{mm},080$ par conséquent moins fortes que précédemment) sous l'influence des actions mécaniques. Mais il a suffi de le laisser pendant 11 minutes dans l'eau pure pour faire disparaître l'apparence de la plasmolyse et cet état instable.

De plus la hauteur des cellules qui s'était abaissée au moment de la plasmolyse à $0^{m},095$, est remontée en 15 minutes, dans l'eau pure, à $0^{m},130$.

Je reproduis quelques-uns des chiffres qui ont été notés à partir de ce moment afin de bien montrer jusqu'à quel point la cellule est redevenue indifférente aux actions mécaniques.

Beaucoup d'eau.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
4.13	0.130	4.25	0.150
4.20	0.145	4.30	0.155

J'enlève l'excès d'eau, ménisque le long des bords de la lamelle mince.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
4.32	0.150	4.33	0.155

L'eau est remplacée, à 4 h. 37, par une solution de salpêtre à 1,5 p. 100, qui n'a pas produit un effet bien sensible, et à 3 h. 52 par une solution à 2 p. 100.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
4.56	0.150	5.21	0.140
5	0.140	5.23	0.135
5.15	0.135	5.53	0.135

Sous l'influence de l'eau pure appliquée à 5 h. 53, la hauteur est remontée à 0m,150 dans le court espace de temps de 8 minutes.

Une autre préparation a été abandonnée dans une solution de salpêtre à 2 p. 100, de 12 h. 30, à 6 h. 30 du soir. A ce moment le liquide qui avait dépassé les bords de la lamelle mince s'était réduit par évaporation au point de ne plus occuper en surface que la moitié de l'étendue de la lamelle mince. Sa concentration avait donc plus que doublé. Il n'y a pas trace de plasmolyse. Le plasma pariétal se rattache par de nombreux fils à une masse proto-plasmique centrale d'aspect spongieux, remplie de vacuoles sphériques de grandeurs diverses, et enfermant le noyau. A 12 h. 30 la hauteur de l'épiderme était de 0mm,10 ; à 6 h. 30, de 0mm,075.

J'ajoute de l'eau à la préparation sans enlever la solution de salpêtre, en d'autres termes, j'étends la solution :

Aussitôt la hauteur de l'épiderme monte à 0mm,085. J'obtiens ensuite successivement les chiffres suivants :

Heures.	mm.	Heures.	mm.
6.41	0.085	6.43	0.090
6.42	0.090	6.44	0.095

Je fais circuler de l'eau pure sur la préparation.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
6.48	0.110	6.49	0.110

La préparation a été abandonnée dans l'eau jusqu'au lendemain à 7 heures du matin, il restait une petite quantité d'eau sous la

lamelle mince, mais la préparation elle-même était entourée d'air. L'épiderme mesurait 0^{mm},050 de hauteur.

Après lui avoir donné de l'eau, à 7 h. 8, j'ai relevé les hauteurs suivantes :

Heures.	mm.	Heures.	mm.
7.11	0.085	7.28	0.105
7.15	0.100	8. 4	0.110

Il est donc bien prouvé que la solution de salpêtre, trop diluée pour produire la plasmolyse, provoque par exosmose la diminution du volume des cellules épidermiques et inversement que la cellule qui a subi une diminution de volume, sous l'influence de l'eau salpêtrée, augmente de nouveau de volume par endosmose, lorsqu'on lui donne de l'eau.

Résumons enfin brièvement tous les résultats des expériences que j'ai faites sur l'épiderme du *Tradescantia zebrina*.

1. L'épiderme de la feuille du *Tradescantia zebrina* joue le rôle de réservoir d'eau. Il diminue de volume lorsque la feuille perd de l'eau et la diminution du volume est rendue possible par le plissement des parois latérales.

2. En général l'épiderme supérieur est plus sensible sous ce rapport que l'épiderme inférieur.

3. Les cellules paraissent être solidaires quant à la perte d'eau. La perte d'eau, réduite à un endroit limité du parenchyme assimilateur, est couverte non seulement par la réserve des cellules épidermiques qui sont en contact avec cette partie du tissu assimilateur, mais par celle de tout l'épiderme.

4. Pour que la cellule épidermique fonctionne normalement, il faut que l'enveloppe cellulosienne suive exactement la contraction de l'utricule primordiale.

5. Lorsque la plasmolyse intervient, la cellule devient « folle »; l'enveloppe cellulosienne n'obéit plus qu'aux actions mécaniques telles que la compression et la capillarité.

6. Les fonctions aquifères de l'épiderme reposent sur l'osmose. On peut enlever de l'eau à ces cellules, qui diminuent alors de volume, en les mettant en contact avec une solution de salpêtre à 2 p. 100. La cellule épidermique qui a perdu de l'eau pour une raison quelconque reprend l'eau qu'on lui offre en augmentant de volume.

7. Une grande partie de la propriété osmotique de l'épiderme

Eau. Heures.	Hauteur de l'épiderme. mm.
8.23	0.045

Je laisse l'eau s'évaporer spontanément.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
9. 3	0.035	10. 2	0.025
9.30	0.030	11.22	0.025

J'ajoute de l'eau à la préparation.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
11.23	0.035	11.24	0.040

Solution de salpêtre à 6 p. 100.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
11.29	0.035	11.31	0.025

Plasmolyse.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
11.33	0.025	11.35	0.020

La plasmolyse ne s'est pas étendue aux cellules en palissades.

Cette expérience confirme la précédente. Le cas de plasmolyse étant exclu, la hauteur de l'épiderme, mesurée au milieu de la cellule, a varié de 45 à 25. Sauf l'erreur provenant de l'épaisseur de la paroi externe et qui intervient dans une faible mesure dans le rapport, la hauteur de l'épiderme peut se réduire à 55 p. 100 de sa hauteur maxima.

3° *Fuchsia globosa.* — Épiderme encore beaucoup plus réduit que dans le cas précédent.

Coupe tangentielle comprenant l'épiderme supérieur et une assise de cellules en palissades.

Eau. Heure.	Hauteur de l'épiderme. mm.
3.39	0.015

Solution de salpêtre à 2,5 p. 100.

Heure.	mm.	Heure.	mm.
3.43	0.009	3.45	0.008

Solution de salpêtre à 5 p. 100, abondante. — Plasmolyse immédiate des cellules épidermiques.

Heure.	mm.	Heure.	mm.
3.48	0.010	3.55	0.013

J'enlève l'excès de liquide à l'aide d'une bande de papier buvard.

Heures.	mm.	Heure.	mm.
4	0.008	4. 6	0.007
4. 3	0.007		

Je remplace la solution salpêtrée par de l'eau pure que je fais circuler afin de laver la préparation.

A 4 h. 13 la plasmolyse a disparu.

Heure.	mm.	Heure.	mm.
4.14	0.014	4.42	0.016

On comprendra facilement les résultats de cette expérience en s'appuyant sur ce qui a été constaté au sujet du *Tradescantia.*

La solution salpétrée à 2,5 p. 100 ne provoque pas la plasmolyse, mais elle enlève à l'épiderme 6 d'eau sur 15 qu'il renfermait primitivement, et cela en quatre minutes; deux minutes plus tard la perte monte à 7 sur 15, c'est-à-dire presque à la moitié du contenu des cellules.

La solution à 5 p. 100 provoque la plasmolyse, et dès lors les cellules épidermiques, malgré la rigidité des parois qui résulte des faibles dimensions des cellules, sont folles comme celles du *Tradescantia* dans les mêmes conditions : elles obéissent à la pression de la lamelle mince, s'allongent et se raccourcissent suivant que le liquide de cette préparation est plus ou moins abondant.

L'eau pure fait cesser la plasmolyse et dès lors la cellule a repris et même légèrement dépassé son volume primitif.

La seule différence entre l'épiderme très mince et celui très volumineux du *Tradescantia*, c'est que chez le *Fuchsia* les changements de volume sont plus paresseux, sans doute à cause de la rigidité des parois cellulaires.

L'épiderme du *Fuchsia* est donc un réservoir d'eau, mais peu efficace, parce que les changements de volume tout en égalant ceux des autres exemples, lorsqu'on les rapporte au volume normal de l'épiderme, sont très faibles relativement à l'intensité de la transpiration.

(A suivre.)

ACHAT DE LA BETTERAVE A LA DENSITÉ

DE L'INÉGALITÉ DE COMPOSITION

DU JUS DE BETTERAVE OBTENU PAR PRESSION

ET DU JUS RESTÉ DANS LA PULPE

PAR

M. HIPPOLYTE LEPLAY

Les critiques qui ont été faites des expériences de M. Ladureau sur les *Variations de densité et de composition du jus de betteraves obtenu sous diverses pressions*, ont devancé la publication de la note que j'ai lue sur le même sujet à l'Assemblée générale de l'Association des chimistes, du 26 juillet dernier, et par suite du retard de la publication du bulletin de l'association que je me suis fait un devoir de ne pas devancer, ces critiques ne s'adressent à ma communication que par ricochet; malgré cela et comme préambule à ce travail, je crois devoir répondre quelques mots à ces critiques faites plutôt autour de la question que sur la question elle-même, et dire les motifs qui m'ont amené à faire connaître les faits contenus dans ma note.

Jusqu'à présent aucune règle n'a été fixée pour déterminer le degré de pression dans l'achat de la betterave à la densité. On presse plus ou moins fort et généralement moins fort, selon les presses dont le fabricant s'est pourvu; de là est née chez certains cultivateurs l'idée que, si le fabricant ne presse pas plus fort, c'est que le jus le plus dense reste dans la pulpe. On dit *le meilleur reste dans la pulpe.*

Les faits observés par M. Ladureau, mais également par plusieurs autres fabricants de sucre, étant contraires à cette opinion, il m'a semblé utile de les faire connaître pour empêcher le préjugé de se développer.

D'un autre côté, le fait de l'abaissement de densité du jus obtenu par une plus forte pression circulait dans la fabrication du sucre à petit bruit et provoquait d'assez nombreuses commandes de presses à haute pression; plusieurs de mes correspondants, fabricants de sucre, me posèrent cette question : Est-il avantageux de presser la pulpe ou plus fort ou moins fort, dans l'achat de la betterave à la densité?

Au lieu de me borner à une réponse individuelle qui ne pouvait renseigner que quelques-uns, je crus devoir faire connaître le fait dans l'intérêt des contractants, fabricants de sucre et cultivateurs.

Dans les critiques qui ont été faites à la suite de la lecture de ma note à l'Assemblée générale de l'Association des chimistes, et dans les différentes publications qui ont paru depuis, le fait de l'abaissement de densité du jus obtenu par une plus forte pression n'a pas été contesté; mais seulement les conséquences qui en ont été déduites au point de vue de l'intérêt du fabricant de sucre[1].

On a affirmé que le jus était de composition uniforme dans toutes les parties de la betterave, et que si la densité du jus obtenu par pression plus forte est plus faible en densité et moins riche en sucre, c'est que le jus restant dans la pulpe est plus dense et plus riche en sucre, et que si tout le jus resté dans la pulpe après la pression avait été extrait, sa composition aurait été la même que celle du premier jus, de telle sorte, qu'en pratiquant l'extraction du jus par faible pression dans l'achat des betteraves à la densité, l'intérêt du fabricant de sucre ne subit aucune atteinte.

Est-il bien vrai que le jus est uniforme dans toutes les parties de la betterave ?

Tous les faits que j'ai observés sont contraires à cette assertion.

Pour l'établir, il ne suffit pas de s'appuyer sur des travaux faits sur le jus et la pulpe de diffusion en les appliquant au jus obtenu par pression; il ne suffit pas non plus de doser le sucre dans la betterave, dans la pulpe et dans le jus.

La question est plus complexe.

J'ai eu l'occasion d'analyser souvent des pulpes de presses hydrauliques qui m'étaient envoyées pour déterminer la quantité de sucre contenu dans la pulpe et sa valeur industrielle, et j'ai pu me convaincre par de nombreuses analyses répétées chaque année depuis plus de dix ans, que le jus resté dans les pulpes, résidu de la pression des presses hydrauliques des fabriques de sucre, est d'une composition différente et d'une valeur industrielle inférieure à celle du jus obtenu par pression[2].

Je citerai pour exemple les deux analyses suivantes représentant

1. *Bulletin de l'Association des chimistes*, 15 août 1886, p. 215. — *Sucrerie indigène des* 17 et 24 août 1886. — *Journal des fabricants de sucre*, du 25 août au 8 septembre 1886. — *Annales agronomiques*, du 25 août 1886.

2. Hippolyte Leplay, *Chimie théorique et pratique des industries du sucre*, t. I, p. 431, année 1883.

la composition extrême à minima et maxima de plus de quarante analyses de pulpe de presse hydrauliques obtenue dans l'atelier, comparativement à la composition du jus obtenu par la même pression :

Octobre 1881. — Le jus obtenu contenait pour 100 grammes :

Sucre dosé par rotation	8.43
Sucre dosé par la méthode cuprique après inversion	8.33
Cendres sulfuriques corrigées par 0.9	0.45
Coefficient salin	18.73

La pulpe sortant de la presse hydraulique contenait pour 100 grammes :

Sucre dosé par rotation	6.38
Sucre dosé par la méthode cuprique après inversion	5.55
Cendres sulfuriques corrigées par 0.9	1.28
Coefficient salin	4.98

Novembre 1883. — Autre analyse de pulpe de presse hydraulique pour 100 grammes :

Sucre dosé par rotation	6.41
Sucre dosé par la méthode cuprique après inversion	6.66
Cendres sulfuriques, corrigées par 0.9	0.90
Coefficient salin	7.12

Le coefficient salin du jus était de 22.10.

Ces analyses, que je pourrais multiplier, sont suffisantes pour établir que la composition du jus resté dans la pulpe diffère essentiellement du jus écoulé de la pression.

Le jus contenu dans ces pulpes contient beaucoup plus de matières salines que le jus écoulé de la pression et dans l'analyse n° 1 ; il se rapproche beaucoup de la composition de la mélasse.

D'après toutes les données que j'ai pu recueillir, la pratique industrielle de la diffusion est venue confirmer cette prévision de l'analyse. En effet, il est de notoriété dans la fabrication du sucre de betteraves que la diffusion donne une plus grande quantité de masse cuite de premier jet, n'augmente pas dans la même proportion la quantité de sucre extractible, mais augmente surtout la quantité de mélasse. On prescrit même de ne pas pousser la diffusion jusqu'à épuisement complet des cossettes, parce que les derniers jus obtenus sont trop impurs et qu'il est préférable de les perdre que de les recueillir.

Ce fait bien déterminé de l'inégalité de composition du jus

obtenu par la presse hydraulique et de celui contenu dans la pulpe, résidu de la pression, m'a conduit à rechercher dans la betterave la quantité de matière saline, potasse et chaux, en combinaison organique dans le jus et dans les tissus.

A cet effet j'ai employé le procédé suivant :

1° Râper la betterave à analyser de manière à obtenir une pulpe uniforme sans séparation spontanée de jus.

2° Prendre 100 grammes de cette pulpe bien mélangée et la soumettre à l'incinération charbonneuse; lessiver le résidu à l'eau distillée bouillante jusqu'à épuisement complet de toute matière; déterminer dans la dissolution la quantité de carbonate de potasse qu'elle contient par son titre alcalimétrique, faire la même constatation sur le résidu charbonneux lessivé pour déterminer la quantité de carbonate de chaux qu'il contient.

On obtient ainsi en degrés alcalimétriques sulfuriques d'un côté, la quantité de potasse combinée à des acides végétaux, de l'autre la quantité de chaux également en combinaison organique[1].

3° Prendre 100 grammes de la même pulpe avant pression, la soumettre à un lavage d'abord à l'eau froide, puis à l'eau tiède, puis à l'eau bouillante, pour le débarrasser de toutes les matières solubles dans l'eau et dessécher le résidu à 110° pour déterminer la quantité de tissus à l'état sec contenus dans la betterave; si, par exemple, la quantité trouvée était de 4 p. 100, on pourra en conclure qu'en prenant 100 grammes de pulpe avant l'extraction du jus pour les soumettre à l'incinération, on n'a opéré en réalité que sur 96 grammes de jus, et que la potasse et la chaux constatées dans le résidu charbonneux doivent être affectés à 96 grammes de jus.

Cette pulpe séchée doit être incinérée de la même manière et le résidu charbonneux lessivé et titré comme dans l'opération précédente; si la pulpe a été bien lavée, il ne se trouve aucun titre alcalimétrique dans l'eau de lessivage; mais on retrouve toujours un titre insoluble dans le résidu qui indique la quantité de chaux qui se trouve en combinaison organique insoluble dans les tissus.

4° Soumettre la pulpe restant à la pression ordinaire, prendre 96 grammes du jus écoulé, le soumettre à l'incinération, et faire sur le résidu charbonneux les mêmes constatations que sur la pulpe avant pression; si le jus contenu dans la betterave a la même

1. 20 degrés alcalimétriques correspondent à 1 gramme d'acide sulfurique SO HO, représentant en potasse : KO — 0gr,961 et en chaux CaO — 0gr,571.

composition que le jus extrait de la pulpe par la pression, on obtiendra le même nombre de degrés alcalimétriques en potasse et en chaux dans la pulpe avant pression et dans le jus.

Or, il arrive neuf fois sur dix que la quantité de potasse et de chaux constatée sur la pulpe non pressée est plus élevée que dans le jus écoulé de la pression. Cet excédent détermine la quantité de ces bases qui se trouve ou dans le jus resté dans la pulpe après pression ou dans les tissus.

Préoccupé de rechercher le rôle physiologique que jouent les bases potasse et chaux en combinaison organique, dans la végétation de la betterave, j'ai fait un assez grand nombre d'analyses par la méthode qui vient d'être indiquée dans le but de déterminer les quantités de potasse et de chaux en combinaison organique dans le jus et dans les tissus de toutes les parties de la betterave en végétation, soit racines, pétioles et feuilles [1].

Je résumerai dans le tableau suivant les nombres obtenus sur la betterave (racine) à différentes époques de sa végétation et dans des sols de composition différente :

DATE DE L'ARRACHAGE.		POTASSE EN COMBINAISON ORGANIQUE REPRÉSENTÉE EN TITRE ALCALIMÉTRIQUE.			CHAUX EN COMBINAISON ORGANIQUE REPRÉSENTÉE EN TITRE ALCALIMÉTRIQUE.		
MOIS	DATE	DANS 100 grammes de betteraves.	DANS 100 grammes de jus.	EXCÉDENT contenu dans la pulpe.	DANS 100 grammes de betteraves.	DANS 100 grammes de jus.	EXCÉDENT contenu dans la pulpe.
Betteraves ayant végété dans le sol argileux.							
		Degrés.	Degrés.	Degrés.	Degrés.	Degrés.	Degrés.
Juin.............	26	7.80	6.60	1.20	5.20	2.11	3.09
Octobre...........	13	9.16	8.36	0.80	4.12	2.84	1.28
—	14	5.54	3.61	1.93	7.31	6.26	1.05
—	—	4.40	3.33	1.07	5.98	4.90	1.08
—	27	7.41	4.93	2.48	3.88	2.08	1.80
—	28	5.38	3.60	1.78	3.48	2.76	0.72
Betteraves ayant végété dans le sol calcaire.							
Juillet...........	20	10.29	8.23	2.06	5.46	4.50	0.96
—	24	5.48	4.20	1.28	3.70	2.42	1.28
Octobre..........	4	5.82	4.97	0.85	7.08	4.50	2.58
—	—	7.22	6.31	0.91	3 86	2.96	0.90
—	21	6.08	5.52	0.56	7.95	5.52	2.43
—	—	11.24	9.13	2.11	6.13	4.62	1.51

2. *Études chimiques sur la betterave à sucre*, par H. Leplay, p. 15, année 1885.

Les nombres contenus dans ce tableau, en accord parfait avec les faits observés dans l'analyse des pulpes provenant de la pression, avec les faits observés dans l'application de la diffusion établissent que le jus de la betterave n'est pas identique dans toutes ses parties, et que le jus obtenu par pression contient moins de matières salines que le jus resté dans la pulpe, par conséquent est plus pur.

BIBLIOGRAPHIE

École pratique de Saint-Rémy (Haute-Saône). Compte rendu de l'exercice 1885-1886, par M. F. J. Cordier, directeur. — L'école de Saint-Rémy est animée d'une rare activité, elle ne se borne pas à instruire tous les ans un certain nombre d'élèves, elle a disposé des champs d'expériences dans lesquels sont essayées les diverses espèces de plantes de grande culture et dans cette voie elle peut rendre à la région dans laquelle elle est placée les plus éminents services.

Parmi les variétés de blés anglais qui fournissent de hauts rendements, il y a un choix à faire, suivant les terrains et les climats; à Saint-Remy, c'est le blé Aleph qui s'est placé au premier rang avec 44 hectolitres de 77^{kil},5; le Goldendrop ne vient qu'en second avec 42 hectolitres et le Scheriff en cinquième avec 43 hectolitres et 3313 kilos de paille. Ces résultats ne sont pas d'accord avec ceux que nous avons obtenus à Grignon; en 1885, le blé à épi carré de la variété Scholey, qui ne diffère guère du Scheriff, donnait comme le Goldendrop 60 hectolitres, et en 1886, malgré la rouille il se plaçait nettement au premier rang; je ne serais pas étonné, à voir le faible rendement en paille obtenu par l'habile directeur, que ce blé n'ait reçu une fumure insuffisante; c'est seulement quand la fumure est copieuse que cette admirable variété donne les rendements réellement extraordinaires atteignant 70 hectolitres que nous avons eus cette année, M. Porion et moi, à Wardrecques.

Sans doute, il faut compter sur la qualité du sol, sur le soin avec lequel la terre est travaillée depuis de longues années dans le Nord de la France, mais sans atteindre des rendements aussi énormes, je crois que l'école de Saint-Rémy pourrait pousser ses rendements à un chiffre plus élevé qu'elle ne l'a fait cette année.

F.-M.-J. Cordier a comparé un certain nombre de variétés de céréales françaises ou anglaises à d'autres provenant de Suède; toutes les variétés actuellement cultivées en France se sont montrées supérieures à celles de Suède.

On trouve encore, dans l'intéressant compte rendu que nous analysons, une série d'expériences sur 44 variétés de blé, elle débute par l'épeautre double qui donne 55^{hl},55 avec 2777 kilos de paille, et se termine par la Touzelle de Provence qui ne donne pas tout à fait 18 hectolitres; le rendement du blé de Crépi, si répandu dans le nord de la France, est de 27 hectolitres: ces mêmes essais ont été exécutés sur 28 blés de printemps.

L'École a donc exécuté un travail considérable, qu'on ne saurait trop louer; il est clair que si tous les établissements agricoles de France se livraient à des recherches analogues et non seulement sur le blé, mais encore sur l'orge, l'avoine, le seigle, le colza, la navette, la cameline, ainsi qu'on l'a fait à Saint-Rémy, etc., nous aurions bientôt une masse de renseignements propres à guider le cultivateur dans le choix des espèces qui conviennent aux conditions spéciales dans lesquelles il se trouve.

Le rapport renferme encore une lettre adressée à M. Chabot Karlen, inspecteur délégué à l'enseignement de la pisciculture, qui présente le plus vif intérêt; 20,000 alevins de truite ont été déposés dans la rivière la Lanterne et autant dans la Motelotte; ils paraissent y avoir prospéré d'une façon inespérée, et les pêcheurs sont étonnés de la multiplicité de jeunes poissons qu'ils rencontrent dans des cours d'eau jadis dépeuplés; seront-ils assez sages pour laisser à ces jeunes animaux ne pesant encore qu'une douzaine de grammes le temps de se développer et de multiplier à leur tour; c'est ce qu'on a le droit d'espérer sans en avoir, hélas! la certitude.

P.-P. D.

REVUE DES TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

Physiologie végétale.

Recherches sur le développement de la betterave à sucre, par M. AIMÉ GIRARD[1]. — Dans ce travail, qui a été poursuivi pendant quatre années consécutives, de 1882 à 1885, M. Aimé Girard s'est proposé spécialement d'étudier la formation de la saccharose dans les différents organes de la betterave à toutes les phases de sa végétation. Les cultures ont été disposées sur un terre-plein de 2 mètres d'élévation, en terre franche ordinaire, et cloisonné par des planches en dix compartiments de 7 mètres carrés de surface chacune; la betterave fournie par M. Fouquier d'Herouel a été semée régulièrement dans toutes ces cases à raison de dix sujets par mètre carré. Pour faire la récolte, on attachait les betteraves à des traverses horizontales, puis on enlevait la cloison qui maintenait la terre de la case correspondante, et on abattait par un arrosage à la lance tout le sol environnant les racines, sans endommager les radicelles, si difficiles à recueillir autrement.

On séparait ensuite la plante en plusieurs parties : pétioles, limbes, souche et radicelles, dont on déterminait d'abord la surface et le poids, enfin la composition chimique.

On a ainsi reconnu que la végétation de la betterave peut, au point de vue du développement de sa racine, être divisée en trois périodes distinctes. La première, qui s'étend jusqu'au 15 juillet, est caractérisée par une croissance rapide, c'est la période de constitution du végétal. Du 15 juillet au 24 août l'accroissement de poids de la souche reste fixe et peut être estimé à 10 grammes environ, correspondant à $1^{gr},8$ de matière sèche par jour; puis, du 24 août jusqu'au moment de la récolte définitive, la végétation redevient plus active et

1. Comptes rendus, t. CII, pp. 1324, 1489, 1565; t. CIII, pp. 72 et 159.

la racine arrive à gagner par jour 12 à 13 grammes de poids brut, correspondant à près de 3 grammes de matière sèche, renfermant 2 grammes de sucre en moyenne. C'est à ce moment que la richesse saccharine s'accroît le plus vite, et d'après M. Aimé Girard c'est une erreur de croire que le sucre disparaît des racines au moment où, vers la fin de sa végétation, elles forment des feuilles nouvelles; il a vu, en effet, la richesse de ses betteraves passer de 12 à 14 p. 100 entre le 1er et le 20 octobre, et même plus tard encore, jusque vers les premières gelées de décembre, la souche continue toujours à augmenter en richesse et en poids.

La proportion centésimale du ligneux, des cendres, des matières organiques autres que le sucre reste remarquablement constante; les variations ne portent que sur l'eau et le sucre, qui, à toutes les phases de la végétation, depuis le 1er juillet jusqu'au 1er octobre, sont exactement complémentaires l'un de l'autre : leur somme arrive à former les 94 centièmes du poids total de la souche.

Il résulte de là ce fait constaté depuis déjà bien longtemps que ce sont les betteraves les moins aqueuses qui sont les plus riches.

Le pivot et les radicelles s'accroissent constamment : leur longueur atteint 2m,50 à la fin de la végétation; leur surface est énorme, 29 décimètres carrés environ au 1er octobre, presque dix fois la surface de la souche seule. Ce fait permet d'expliquer la puissance d'assimilation de la racine pour l'eau et les matières minérales que renferme le sol. Le sucre est toujours très peu abondant, 1/2 à 1 p. 100 environ; en revanche, le ligneux domine de beaucoup sur tous les autres principes du pivot et des radicelles; il forme environ les 80 centièmes de leur poids sec, et, joint à l'eau, les 97 centièmes de leur poids frais.

Examinant ensuite la partie aérienne de la betterave, M. Aimé Girard constate que le poids des feuilles, fanées ou non et munies de leur pétiole augmente constamment : la proportion de sucre y reste toujours très faible, constamment inférieure à 1 p. 100, et ne varie sensiblement pas; ses variations, du moins, paraissent tout accidentelles et ne peuvent pas être érigées en loi.

En résumé, le rôle des feuilles paraît se borner à donner naissance au sucre qui, au fur et à mesure de sa production, se dirige vers la souche où il est emmagasiné et d'où il ne peut plus sortir; la souche elle-même, ainsi que le pivot et les radicelles, ne contribuent en rien à la formation du saccharose, mais sa richesse reste subordonnée aux conditions météorologiques qui président à son développement, puisque tout excès d'eau vient nécessairement diminuer le reste de la constante 0,94, qui exprime la somme de l'eau et du sucre contenus dans la racine.

Sur l'action de la diastase et de l'intervertine, surtout au point de vue de la physiologie végétale, par M. H. Muller (Turgovie)[1]. — C'est surtout au point de vue industriel qu'on a étudié jusqu'à ce jour, l'action des ferments et

1. *Zur Kenntniss von der Wirkung Diastase und Intervertin, besonders in Pflanzenphysiologischer Hinsicht.* — *Landwirthsch. Jahrb.*, 1885, p. 795-822. — *Bot. Centralbl.*, t. XXVII, p. 143.

des divers facteurs dont elle dépend. L'auteur porte au contraire toute son attention sur les conditions que ces ferments rencontrent dans le corps même de la plante. Il est amené de cette manière à étudier successivement l'influence de la température, de la pression, de l'acide carbonique et de la non-évacuation des produits de la fermentation.

On a d'abord opéré à des températures qui variaient de 0 à 50 degrés. La fermentation est d'autant plus active que la température est plus élevée. Elle se distingue de la plupart des phénomènes physiologiques en ce qu'elle est déjà assez énergique à 0 degré et en ce que l'optimum de température est placé beaucoup plus haut. Les températures ayant été de 0, 10, 20, 30, 40°, l'énergie de la diastase a été exprimée par les nombres 7, 20, 38, 60, 98; et celle de l'intervertine par 9, 19, 36, 63, 93.

L'influence de la pression hydrostatique et de l'acide carbonique ne peut être que fort importante pour la physiologie, puisque la pression qui règne à l'intérieur d'une cellule est de plusieurs atmosphères et que le suc cellulaire est souvent saturé d'acide carbonique. L'expérience a démontré que l'acide carbonique, même à la pression ordinaire peut aller jusqu'à tripler l'action de la diastase et que la pression hydrostatique exerce également une influence accélératrice. Lorsque le liquide soumis à la pression tient en dissolution non de l'air atmosphérique, mais de l'acide carbonique, le ferment est beaucoup plus actif. En présence de l'acide carbonique la diastase attaque même fortement l'amidon non transformé en empois. Il est donc probable que des quantités de diastase non saisissables par l'analyse peuvent encore dissoudre des quantités notables d'amidon dans le corps de la plante où cet agent est soumis à la fois à une forte pression et à l'influence de l'acide carbonique, de l'acide malique, etc. L'influence de la pression ressort encore de ce fait que l'amidon se dissout plus rapidement dans une feuille bien turgescente que dans une feuille fanée, moins riche en eau.

Étudiée entre les limites de 2 à 20 p. 100, la concentration de la solution de sucre de canne n'a qu'une faible influence sur l'action de l'intervertine, qui est un peu plus faible à forte concentration que dans les solutions plus étendues, mais l'accumulation du sucre interverti s'oppose assez énergiquement à la continuation de la réaction.

De même la transformation de l'amidon en sucre dépend essentiellement de la rapidité avec laquelle le sucre est enlevé à la cellule.

Sur une méthode pour l'étude de l'assimilation et de la respiration et sur quelques facteurs qui influencent ces fonctions, par M. U. Kreusler[1]. — Les plantes sont enfermées dans un vase clos qui est rempli d'air contenant une quantité connue d'acide carbonique. Après l'expérience, le gaz est déplacé par de l'air privé d'acide carbonique et l'acide carbonique restant est pesé d'après les méthodes ordinaires.

Lorsque l'expérience est faite à la lumière, l'acide carbonique trouvé en

1. *Ueber eine Methode zur Beobachtung der Assimilation und Athmung der Pflanzen und über einige diese Vorgänge beeinflussende Momente.* — *Landwirthsch. Jahrbücher*, t. XIV, 1885, p. 913-965. — *Wollny's Forschungen*, t. IX, p. 114.

moins exprime l'énergie de l'assimilation; lorsqu'elle est faite à l'obscurité l'excès de ce gaz donne celle de la respiration.

Les avantages de cette méthode sont nombreux. On peut opérer avec des objets assez grands et le même objet peut servir à une longue série d'expériences différentes. La respiration et l'assimilation pouvant être déterminées sur le même sujet, on peut évaluer des énergies assimilatrices très faibles, alors même qu'elles sont plus ou moins exactement compensées par la respiration.

L'auteur étudie d'abord l'influence de l'acide carbonique de l'air sur l'assimilation, la respiration et la transpiration. Jusqu'à présent, dans ces sortes de recherches, les auteurs ont ajouté de trop grands excès d'acide carbonique à l'air normal. M. Kreusler, au contraire, part de l'air normal et ajoute ensuite des quantités d'acide carbonique qu'il exprime par des multiples de celle qui se rencontre normalement dans l'air. Il renonce à l'emploi de la lumière solaire qui n'est pas assez constante et lui substitue l'arc voltaïque; il interpose entre la source lumineuse et l'appareil une cuve remplie d'eau afin d'écarter les rayons calorifiques. Les plantes sont choisies parmi celles dont les rameaux coupés peuvent vivre assez longtemps dans l'eau, et dont les feuilles sont placées de manière à être bien uniformément éclairées par une source lumineuse unilatérale : Charme, Capucine, *Aspidium falcatum*, Ronce, Châtaignier.

Voici les résultats généraux obtenus jusqu'à présent :

1° La quantité relative de l'acide carbonique de l'air ambiant exerce une influence considérable sur l'énergie de l'assimilation, mais la quantité absolue de ce gaz mis à la disposition de la plante en un temps donné n'est que d'une influence secondaire.

2° Lorsqu'on part d'un taux d'acide carbonique très faible, par exemple de celui qui existe normalement dans l'air et qu'on l'augmente peu à peu, on voit l'assimilation augmenter d'abord rapidement, puis plus lentement; mais à partir d'un certain taux d'acide carbonique l'assimilation diminue de nouveau.

3° A 25°, sous l'influence d'un arc voltaïque de 1000 bougies placé à la distance de 0m,31 à 0m,45 les chiffres moyens sont les suivants, le taux normal de l'acide carbonique étant posé égal à 1, l'assimilation dans l'air normal étant 100 :

Quantité relative d'acide carbonique.	Assimilation.
1	100
2	127
3.5	185
7	196
17	209
35	237
220	230
440	266 (?)

4° L'optimum du taux d'acide carbonique paraît être situé entre 1 et 10 p. 100 et semble se déplacer un peu suivant les conditions extérieures, telles que l'intensité de l'éclairage.

5° La quantité d'eau contenue dans les feuilles est un facteur d'une importance extrême pour l'assimilation. Lorsque le degré d'humidité des feuilles

s'abaisse, par exemple à la suite d'une transpiration trop active, l'assimilation peut s'arrêter presque complètement, quelque favorable que soit l'éclairage, et longtemps avant qu'on remarque la moindre trace de fanaison. Lorsque l'eau revient à la feuille avant qu'il y ait eu des troubles irréparables, l'assimilation reprend son énergie première.

6° Les plantes assimilent beaucoup moins dans l'air sec que dans l'air humide, à moins que la perte d'eau par la transpiration soit immédiatement couverte. Il semble qu'on doive attribuer à cette cause l'arrêt de la végétation pendant les longues sécheresses.

7° L'air saturé et la dépression de la transpiration qui en est la conséquence ne paraissent pas agir défavorablement sur l'assimilation comme telle.

8° La transpiration paraît être plus forte à la lumière qu'à l'obscurité.

9° Les feuilles qui changent partiellement de couleur assimilent encore très bien proportionnellement aux parties restées vertes.

10° La lumière électrique équivaut à la lumière solaire ou la dépasse même, lorsqu'elle est placée à une faible distance de la plante ($0^m,30$-$0^m,40$) et que celle-ci est protégée contre les rayons obscurs.

11° La loi des relations proportionnelles entre l'intensité de la lumière et l'assimilation se confirme à l'aide de la lumière électrique, en dedans de certaines limites.

Sur la flore du désert arabique, par M. G. VOLKENS[1]. — Le désert arabique s'étend au sud du Caire entre la vallée du Nil et le bord de la mer Rouge. Grâce à la munificence de l'Académie de Berlin, M. Volkens a pu séjourner dans cette contrée afin d'y étudier surtout les moyens d'adaptation des plantes au climat sec. M. Volkens était préparé de longue main à ce genre d'études. Pour s'en assurer, le lecteur n'a qu'à se reporter à un article que nous avons publié ici même[2], il y a un peu plus d'un an, sur un mémoire dans lequel cet auteur s'occupe déjà des plantes des déserts. Nous avons attiré bien souvent nous-mêmes l'attention sur les moyens d'adaptation si variés des plantes aux climats secs et nous avons montré que presque tout le système se réduit à une combinaison entre la modération de la transpiration et l'accumulation d'une réserve d'eau. Un autre fait que des considérations philosophiques nous avaient conduit à publier vient également d'être confirmé par l'observation directe, savoir l'adaptation spéciale des plantes monocarpiennes et des plantes à bulbe, qui savent en quelque sorte se soustraire à l'adaptation directe en parcourant toute la période végétative pendant la très courte saison propice et en réduisant leur existence à la vie latente, des bulbes, des rhizomes et des graines pendant les saisons sèches. Du reste plusieurs voyageurs, entre autres M. Capus, avaient déjà signalé cette brillante flore éphémère qui revêt les steppes de l'Asie centrale au printemps.

Un des caractères les plus saillants des plantes du désert, c'est la longueur démesurée des racines. M. Volkens n'a jamais réussi à déterrer entièrement

1. *Zur Flora der ægyptis-arabischen Wüste.* — *Sitzungsb. der K. Akad. d. Wissensh. zu Berlin*, 1886, t. VI.
2. *Ann. agronom.*, t. X, p. 540.

une seule plante vivace; tout ce qu'il a pu constater, c'est qu'à 1 ou 2 mètres de profondeur la racine était plus mince qu'au collet. Un exemplaire de *Calligonum comosum*, dont les parties aériennes ne dépasssaient pas la longueur de la main, avait une racine de la grosseur du pouce, à $1^m,50$ de profondeur la racine était encore de la force du petit doigt, de sorte qu'on peut admettre sans crainte que la largeur de la racine dépasse au moins vingt fois celle de la partie aérienne. Certaines plantes ne doivent leur existence dans ces contrées brûlées qu'à la longueur extrême de leur système radiculaire. C'est ainsi que la coloquinte avec ses grandes feuilles délicates dépourvues de toute protection contre la transpiration résiste dans ce milieu où un rameau détaché de la même plante se fane en cinq minutes.

D'autres espèces, telles que certains *Erodium*, produisent le long de leurs racines des renflements en forme de tubercules, protégés vers l'extérieur par une forte couche de liège, et qui ne sont autre chose que des réservoirs d'eau, car l'amidon ne s'y accumule qu'en quantité insignifiante.

Mais voici un mode d'adaptation dont il n'y a aucun exemple jusqu'à ce jour.

Le *Reaumuria hirtella* est un petit arbuste de $0^m,60$ à 0^m70 de hauteur qui prospère partout dans les wadis, dans un sol absolument incapable de fournir l'eau nécessaire à la transpiration au moins pendant six mois de l'année. Or, pendant et immédiatement après la saison des pluies, une multitude de petits poils capités cachés dans des dépressions cratériformes des feuilles sécrètent un liquide d'une saveur amère qui abandonne sur la feuille des masses cristallines si abondantes que la coloration verte fait place à une teinte grisâtre. La nuit ces singulières plantes sont absolument trempées d'eau, tandis que tout est desséché dans le voisinage. Si on coupe deux rameaux de *Reaumuria* et qu'on enlève l'enduit salin de l'un d'eux, on peut conserver le rameau intact pendant quatorze jours sans qu'il se fane, tandis que l'autre est tout à fait sec le lendemain. Il paraît donc certain que les sels déliquescents excrétés par les feuilles de cette plante condensent l'humidité de l'air et mettent ainsi de l'eau liquide à la disposition des organes aériens.

Quelques *Tamarix* et le *Frankenia pruinosa* présentent des phénomènes analogues.

Les rosées sont d'ailleurs assez fréquentes dans le désert et certaines espèces appartenant aux genres *Diplotaxis*, *Plantago* et *Heliotropium* peuvent absorber l'eau par les organes aériens, grâce à certaines dispositions anatomiques que nous ne pouvons pas décrire ici.

Le courant de transpiration dans les branches coupées, par MM. Francis Darwin et Reginald Phillips[1]. — Les auteurs apportent une nouvelle preuve contre la théorie de l'imbibition. Ils mesurent l'intensité du courant de transpiration à l'aide d'un appareil qui ne diffère pas en principe de celui qui nous a servi dans nos recherches sur l'absorption de l'eau par les racines, et qui

1. On the transpiration-stream in cut branches. — Extracted from the *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, V, t. V, p. 330-367.

consiste essentiellement en un large tube de verre dans lequel on mastique la branche fraîchement coupée sous l'eau et se terminant à la base par un tube thermométrique vertical qui plonge par son extrémité inférieure dans une petite capsule contenant de l'eau. Toute l'eau absorbée par la branche est évidemment puisée dans cette capsule. On enlève la capsule pendant quelques instants, une colonne d'air s'introduit dans le tube, et en remettant ensuite la capsule en place on parvient aisément à maintenir dans le tube un index d'air dont l'ascension permet d'évaluer les quantités d'eau absorbées en un temps très court. Les lectures se succèdent avec une telle rapidité que l'influence des changements de température peut être considérée comme nulle[1].

Les auteurs se proposent d'étudier de nouveau l'expérience de Hales dont nous avons si souvent parlé et que M. Dufour a considérée comme un des appuis les plus solides de la théorie de l'imbibition. De chaque côté d'un rameau mais à des niveaux un peu différents on fait une encoche qui dépasse le milieu, de sorte que tous les vaisseaux sont coupés. Malgré cette double opération le rameau est assez perméable pour que l'eau absorbée couvre la perte subie par transpiration et que les feuilles ne se fanent pas. M. Dufour conclut de cette expérience que l'eau se meut non de cellule en cellule, mais dans l'épaisseur des parois cellulaires. Nous avons réfuté cette conclusion il y a déjà plus d'un an. Les auteurs anglais trouvent à leur tour que M. Dufour ne s'est pas rendu exactement compte de l'obstacle que la double encoche oppose au courant et qu'il a exagéré la difficulté avec laquelle l'eau sous pression traverse un rameau ainsi préparé.

Ils ont opéré sur un assez grand nombre de plantes appartenant aux dicotylédones et aux conifères, en notant l'absorption du rameau intact et du rameau pourvu de deux entailles alternes dont ils font varier l'écartement vertical.

Les chiffres suivants expriment l'absorption observée à la suite de la double entaille, 100 étant l'absorption du rameau intact.

Prunus lusitanica	8.2
	20.8
	6.2
	13.4
	4.4
	6.6
Hêtre	28.6
Lierre	15.9
Sycomore	11.7
Sureau	5.0
Marronnier d'Inde	38.0
	18.3
Topinambour	1.6
	1.7
Moyenne	14.2

1. Ce moyen d'éviter l'action perturbatrice des changements de température ne nous paraît pas correct. La rapidité des lectures est obtenue par la finesse du tube calibré, mais l'appareil sera en même temps d'autant plus sensible aux changements de la température que ce tube sera plus fin; la grandeur de l'erreur est par conséquent proportionnelle à la rapidité des lectures : donc celle-ci ne peut écarter celle-là.

Moyenne, le topinambour étant écarté	16.1
Pin sylvestre	96 .0
	50.8
	50.0
	33.0
If	72.8
	95.5
	89.2
	91.5
	98.0
Moyenne	74.9

Ce tableau montre que l'effet produit par la double encoche est fort différent suivant l'espèce. Remarquons surtout la réduction extrême que subit le courant de transpiration chez le topinambour qui sans être précisément herbacé, ne peut pourtant pas compter parmi les plantes franchement ligneuses comme les autres espèces soumises à l'expérience. Nous avons également signalé cet effet des encoches sur les plantes herbacées.

Les conifères résistent beaucoup mieux que les espèces dicotylédones. Relevons encore parmi les détails des expériences deux faits qui ne sont pas dépourvus d'intérêt. La première entaille produit quelquefois non un ralentissement, mais une accélération du courant de transpiration; aussitôt que la seconde entaille est faite, l'absorption diminue souvent brusquement, pour se relever ensuite un peu.

Ces expériences ont été contrôlées par d'autres essais dans lesquels l'eau absorbée n'a pas été évaluée en volume, mais en poids à l'aide de la balance.

La double encoche produit donc un ralentissement considérable sur le courant de transpiration, du moins chez les plantes angiospermes, contrairement à ce qu'on pouvait supposer d'après les expériences antérieures.

On obtient des résultats tout à fait analogues lorsqu'on substitue à la transpiration la succion produite par une pompe à l'extrémité supérieure du rameau. On observe une légère dépression de la rapidité du courant après la première incision et un abaissement très fort après la seconde, mais jamais le courant, une fois tombé à ce point, ne s'est relevé comme dans la première série d'expériences, différence facile à expliquer et à laquelle nous ne croyons pas devoir nous arrêter davantage; l'effet de la pompe est constant, celui de la transpiration non couverte par l'afflux immédiat d'eau, s'accumule au contraire dans le corps ligneux et se fait valoir aussitôt que le courant a trouvé sa nouvelle voie sous l'influence même de la succion.

Nous passerons sous silence quelques expériences avec de l'eau colorée par l'éosine et une autre série dans laquelle les rameaux ont été écrasés. Les résultats sont conformes à ceux que nous avons obtenus nous-mêmes et à ceux que M. Kohl a récemment publiés[1].

Lorsque le rameau est serré dans l'étau, le courant se ralentit notablement pour dépasser ensuite sa vitesse normale lorsque l'obstacle mécanique est supprimé.

1. *Bot. Zeitschr.*, 1885, col. 522.

Chimie agricole.

De l'emploi comme engrais des scories basiques de déphosphoration des fontes **(*Basic cinder*), par le professeur WRIGHTON et le docteur MUNRO[1]. —** Les expériences ont été entreprises dans le but d'établir la valeur comme engrais pour les navets :

Des scories basiques d'acier ou du « cinder » ; du phosphate de chaux précipité préparé avec ces scories, et comparé aux engrais phosphatés ; des superphosphates minéraux, ou phosphate de chaux soluble ; des coprolithes, ou phosphate de chaux insoluble.

Les expériences ont été conduites en double : à la ferme école de Downton et à Ferryhill dans le Durham. Les sols de ces deux champs sont bien différents à tous les points de vue ; à Downton le sol est léger, crayeux, et par suite très riche en chaux ; le sol de Ferryhill est au contraire dur, argileux, et presque complètement dépourvu de chaux. Les analyses comparées qui suivent montreront bien les différences :

A Downton, l'échantillon a été pris à une profondeur de 30 centimètres environ ; c'est la profondeur actuelle du sol de la surface à la roche calcaire. A Ferryhill, l'échantillon a été pris à 15 centimètres seulement.

L'analyse du sol de Downton y accuse 27,90 p. 100 de carbonate de chaux et 0,25 d'acide phosphorique dont 0,071 soluble dans l'acide acétique ; tandis que le sol de Ferryhill ne renferme que 0,15 de carbonate de chaux et 0,054 d'acide phosphorique.

DOWNTON. — D'après les fortes récoltes des dix années précédentes, le champ de Downton ne pouvait ressentir les effets des fumures antérieures, les différents engrais employés devaient donc y exercer une influence très marquée.

Les parcelles étaient au nombre de 35 : chacune mesurait 4 ares (1/10 d'acre) et comprenait 40 sillons ou rangées de racines. Six d'entre elles furent laissées sans engrais, pour fournir de points de comparaison sur chaque partie du terrain d'expériences, et dans chaque station deux parcelles reçurent le même engrais.

Une fumure de 500 kilogrammes par hectare de superphosphates minéraux est considérée comme la plus efficace pour une récolte de turneps suédois : les résultats qu'elle a fournis ont été comparés à ceux qu'ont donné les mêmes poids de scories et de coprolithes. On a comparé également les récoltes données par des fumures de scories et de phosphate précipité, contenant des poids égaux d'acide phosphorique.

5000 kilogrammes de scories brutes par hectare furent appliqués comme fumure maxima à chaque station. Loin de diminuer la récolte elle donna à Downton les meilleurs résultats de tous, et à Ferryhill, elle occupa le troisième rang parmi les quatorze fumures employées.

La saison fut très sèche en juillet et août, et extrêmement défavorable à la culture des racines et à l'action des engrais. Les récoltes ont été par suite très faibles, mais cette circonstance ne semble pas avoir masqué l'influence spéciale

1. Voy. dans *Ann. agron.*, t. VII, p. 147, un article de M. Millot sur les *Scories de déphosphoration*.

à chaque engrais, puisque les résultats se contrôlent parfaitement par les expériences parallèles de Ferryhill.

FERRYHILL. — On adopta à Ferryhill les mêmes dispositions qu'on avait prises à Downton pour les parcelles et pour les engrais. L'époque des semailles étant un peu avancée, on remplaça les turneps suédois par des turneps « Yellow Aberdeen », ce qui augmenta de beaucoup les rendements.

Les analyses qui suivent donnent la composition des scories et du phosphate précipité que l'on prépare avec cette matière :

	Scories.	Phosphate précipité.
Chaux	41.54	29.91
Magnésie	6.13	0.63
Alumine	2.60	1.89
Protoxyde de fer	14.66	traces
Peroxyde de fer	8.64	3.62
Protoxyde de manganèse	3.81	0.56
— vanadium	0.29	0.99
Silice	7.40	7.53
Acide phosphorique	14.32	30.89
Anhydride sulfurique	0.31	5.13
Soufre	0.23	
Acide carbonique		0.28
Eau combinée		11.66
Humidité		7.06
	99.93	100.15

Le superphosphate employé contenait 26,2 p. 100 de phosphate soluble (12 p. 100 PO^5) ; le superphosphate riche employé contenait 44 p. 100 de phosphate soluble (20, 1. p. 100 PO^5) ; les coprolithes contenaient 55 p. 100 de phosphate tricalcique (25, 1 p. 100 PO^5).

I. — *Les scories brutes constituent un excellent engrais*

Ce fait est démontré par le tableau suivant, qui donne l'accroissement de récolte des parcelles ayant reçu des scories, comparé à la parcelle voisine sans engrais.

SUR DEUX PARCELLES.	PAR HECTARE.	ACCROISSEMENT DE RÉCOLTE.	
		DOWNTON.	FERRYHILL.
	kil.	kil.	kil.
40 kil. de scories	500	475	1155
70 kil. de scories	880	301	1035
200 kil. de scories	2500	1090	1141
Une fumure totale de 310 kil. a donné un accroissement de		1866 kil.	3331 kil.

Ainsi, par cette application d'environ 1250 kilogrammes par hectare, la récolte est plus que doublée à Downton (de 1771 kilos à 3637), à Ferryhill, elle est plus que quadruplée. Ces accroissements de plus de 7500 kilos et

13000 kilos par hectare représentent une valeur moyenne de 68 francs par hectare dans un cas, et 136 francs dans l'autre si la récolte est évaluée seulement à 9 francs la tonne.

Quelques auteurs pensent que la principale qualité du superphosphate est d'amener les jeunes turneps à une croissance rapide qui leur donne la force de résister aux insectes; et d'après eux, les phosphates insolubles, n'ayant pas d'action rapide, ne pourraient atteindre ce but. Cette théorie est pleinement confirmée cette année. La longue période de sécheresse qui a précédé et suivi les semailles a empêché la jeune plante de pouvoir lutter contre les insectes; et à Ferryhill, sur les parcelles sans engrais, les trois quarts ou même les neuf dixièmes des racines n'arrivèrent pas à maturité.

Ce n'est pas seulement le superphosphate, mais aussi les scories, le phosphate précipité et les coprolithes qui réussissent bien à empêcher cette destruction de la jeune plante; il n'y a pas, en effet d'exemple de diminution dans le rendement sur les parcelles qui reçurent un de ces engrais.

II. — *Comparaison entre des fumures de 500 kilogrammes par hectare de scories de superphosphates minéraux, et de coprolithes.*

	Downton. Kil.	Ferryhill. Kil.
Une fumure totale de 40 kil. de superphosphate sur 2 parcelles a donné un accroissement de	723	879
Une fumure totale de 40 kil. de scories sur deux parcelles a donné un accroissement de	485	1156
Une fumure totale de 40 kil. de coprolithes sur 2 parcelles a donné un accroissement de	147	797

Ces résultats sont en quelque sorte les plus remarquables de tous ceux que nous ont fournis les expériences. Les scories avec leur 14, 3 p. 100 d'acide phosphorique donnent une meilleure récolte qu'un poids égal de coprolithes à 25,1 p. 100 d'acide phosphorique: il est donc évident que l'acide phosphorique du premier engrais est plus soluble et plus facilement assimilable que celui du second. Et même, à Ferryhill, les scories sont préférables même au superphosphate qui contient 12 p. 100 d'acide phosphorique soluble dans l'eau. Les scories sont donc très facilement décomposables; le quart en effet de leur acide phosphorique est soluble dans le citrate d'ammoniaque et les acides les décomposent très aisément; nous verrons plus bas que pour préparer les « scories dissoutes », Il suffit d'employer l'acide sulfurique moyennement concentré et même un acide plus faible serait suffisant. La silice des scories est également très facilement attaquée par les acides.

Les résultats économiques de l'emploi de ces engrais phosphatés sont les suivants :

500 kil. de superphosphates ont donné:

A Downton	un accroissement de	8ᵗ, 8	par hectare, ce qui représente	une valeur de	77 fr.
A Ferryhill	—	11ᵗ, 3	—	—	98 fr.

500 kil. de coprolithes ont donné :

A Downton	un accroissement de	1ᵗ, 8	par hectare, ce qui représente	une valeur de	16 fr.
A Ferryhill	—	10ᵗ, 0	—	—	87 fr.

500 kil. de scories ont donné :

A Downton	un accroissement de	8ᵗ, 8	par hectare, ce qui représente	une valeur de	77 fr.
A Ferryhill	—	14ᵗ, 4	—	—	126 fr.

III. — *Comparaison entre des fumures de scories et de superphosphate contenant des poids égaux d'acide phosphorique.*

SUR DEUX PARCELLES.	ACIDE PHOSPHORIQUE p. 100	PAR HECTARE.	ACIDE PHOSPHORIQUE par hectare.	Accroissement de récolte.	
				DOWNTON	FERRYHILL.
				kil.	kil.
40 kil. de scories...	14.3	500	72.1	479	1156
48 kil. superphosph.	12	600	72.5	935	1418

Ces résultats ne font que confirmer ceux des expériences précédentes. L'acide phosphorique des scories est moins aisément assimilé que celui du phosphate soluble, mais cette différence est moins sensible sur un sol argileux que sur un sol calcaire.

IV. — *Comparaison entre des fumures de scories, de phosphate précipité préparé avec les scories, et de coprolithes contenant des poids égaux d'acide phosphorique.*

	SUR DEUX PARCELLES.	ACIDE phosphorique p. 100.	PAR HECTARE.	ACIDE phosphorique par HECTARE.	ACCROISSEMENT de récolte.	
					Downton.	Ferryhill.
	kil.				kil.	kil.
Phosphate précipité ...	31	25.9	392	122	638	1082
Scories...............	71	13.3	879	125	301	1035
Coprolithes...........	40	30.9	502	125	147	797

Ici encore, l'acide phosphorique du phosphate précipité, de même que celui du superphosphate, est plus aisément assimilé à Downton que les autres formes moins solubles d'acide phosphorique ; à Ferryhill, cet avantage est moins marqué. Les scories l'emportent sur les coprolithes dans les deux cas.

V — *Quantité de superphosphate, et de phosphate précipité préparé avec les scories, contenant des poids égaux d'acide phosphorique.*

SUR DEUX PARCELLES.	ACIDE phosphorique p. 100.	PAR HECTARE.	ACIDE phosphorique par HECTARE.	ACCROISSEMENT de récolte.	
				Downton.	Ferryhill.
		kil.		kil.	
40 kil. superphosphate ordinaire...	12	500	60	727	879
25 kil. superphosphate riche.....	20	313	62	382	1103
15 kil. phosphate précipité......	31	190	59	417	870

Ces résultats semblent en désaccord, et c'est là ce qui arrive souvent quand on emploie des engrais très riches, à cause de la grande difficulté que l'on rencontre pour assurer une distribution uniforme sur une grande masse de terrain. Pratiquement, il serait préférable de mélanger les engrais avec de la terre sèche ou des cendres avant de les appliquer. On peut cependant tirer de là quelques conclusions. L'action de l'acide phosphorique précipité est égale ou inférieure à celle de l'acide phosphorique soluble, selon le sol où on les applique ; sur un sol argileux, les deux engrais réussissent également bien (quelquefois le phosphate précipité l'emporte); sur un sol calcaire, c'est un engrais médiocre et qui est loin de valoir les phosphates solubles.

A Downton, le phosphate précipité réussit mieux que les scories, et surtout que les coprolithes ; à Ferryhill, il est encore supérieur, mais la valeur *des trois engrais tend à se rapprocher.*

VI. — *Mélanges de superphosphate et de scories brutes.*

On avait eu depuis longtemps l'idée d'employer les scories, matière très alcaline, pour précipiter l'acide phosphorique du superphosphate. On a proposé comme engrais devant donner de bons résultats un mélange de 2 parties 1/2 de superphosphate et de 1 partie de scorie partiellement neutralisée. L'engrais ainsi obtenu, et qui a été essayé dans les expériences, contient les proportions suivantes d'acide phosphorique :

Acide phosphorique	soluble	9.07 = 19.80	Phosphate tricalcique	rendu soluble.
—	précipité	7.55 = 16.48	—	—
—	insoluble (scories)	5.72 = 12.48	—	—
—	total	22.34 = 48.76	—	—

Il reste à répondre à une objection qui se présente naturellement. En changeant une partie du phosphate soluble en phosphate précipité, le véritable objet du superphosphate est détruit, par cette opération l'acide phosphorique soluble devient insoluble dans l'eau ou rétrogradé, par suite la valeur de l'engrais se trouve amoindrie. On peut répondre que le phosphate précipité est bien différent du phosphate insoluble, et est généralement préférable ; et puisque le phosphate précipité ne peut être fait qu'avec les « phosphates dissous », le nouvel engrais doit présenter une certaine efficacité.

Les résultats obtenus sont les suivants :

SUR DEUX PARCELLES.	PAR HECTARE.	ACCROISSEMENT DE RÉCOLTE.	
		DOWNTON.	FERRYHILL.
	kil.	kil.	kil.
25 kil. de superphosphate riche......	310	382	1103
25 kil. de superphosphate riche......	310	453	1380
10 kil. de scories....................	125		

La valeur des scories vient donc s'ajouter à celle du superphosphate, et cet avantage est plus marqué à Ferryhill qu'à Downton.

VII. — *Scories dissoutes ou « superphosphate de fer ».*

La principale objection à l'emploi des scories pour la fabrication des superphosphates, est leur richesse en oxydes de fer, et surtout en oxyde ferreux. Le traitement par l'acide sulfurique convertit cet oxyde de fer en sulfate ferreux, matière généralement reconnue comme nuisible à la végétation. Il est bien certain que les sols, qui contiennent une petite quantité de vitriol vert sont stériles, mais cette stérilité disparaît, dès que l'on est parvenu à peroxyder le fer en labourant le sol. Il est vrai qu'une fumure de 200 à 300 kilos de scories dissoutes par hectare, représente une quantité de sulfate de fer assez peu considérable, par rapport à ce que le sol en contenait déjà. Le Dr Wœckler a trouvé une proportion de 0,7 p. 100 de sulfate de fer, dans un sol où cette matière était nuisible à la végétation, si ce sol avait seulement 10 centimètres de profondeur, il renfermait donc environ 10 000 kilos de sulfate de fer par hectare, or, on ne saurait conclure, de la stérilité de ce sol, due à cette masse de sulfâte de fer, qu'une quantité de 100 ou 150 kilos par hectare de sulfate de fer appliqué dans un engrais, aurait une influence fâcheuse. — Le sulfate de fer ainsi appliqué ne reste pas longtemps dans le sol à son état primitif; il s'oxyde et se décompose très rapidement, et quelle que soit son influence, bonne ou mauvaise, il l'exerce probablement très peu de temps après son application.

Les « scories dissoutes » sont bien différentes du superphosphate ordinaire; elles contiennent environ 12 p. 100 de sulfate de fer. Dès qu'elles sont dissoutes dans l'eau, elles laissent déposer du sulfate de chaux, avec formation d'une nouvelle matière, le phosphate de fer soluble; aussi ont-elles été appelées « superphosphates de fer ».

Elles contiennent les proportions suivantes d'acide phosphorique :

Acide phosphorique	soluble...........	4.26	=	9.30	phosphate tricalcique rendu soluble.
—	précipité........	0.61	=	1.33	— — — —
—	insoluble (scories).	0.03	=	0.07	— — — —
	Total...........	4.90	=	10.70	

Les résultats obtenus de leur emploi, sont les suivants :

SUR DEUX PARCELLES.	PAR HECTARE.	ACCROISSEMENT DE RÉCOLTE. DOWNTON.	ACCROISSEMENT DE RÉCOLTE. FERRYHILL.
	kil.	kil.	kil.
48 kil. superphosphate..............	640	934	1418
48 — — + 12k,2 vitriol vert.		371	995
48 — scories dissoutes.............		170	610
		Diminution.	Diminution.
20 — vitriol vert....................	250	146	42

Une fumure de 250 kilos par hectare de vitriol vert est donc défavorable à la récolte (ou plutôt diminue l'action bienfaisante du superphosphate.) Les scories dissoutes ont cependant une réelle valeur bien qu'elles donnent de moins bons résultats qu'un mélange équivalent de vitriol vert et de superphosphate; il est vrai de dire que les scories dissoutes n'ont pu, avant d'être appliquées, être amenées à un état de division suffisant.

VIII. — *Mélanges de scories brutes et dissoutes.*

SUR DEUX PARCELLES	PAR HECTARE.	ACCROISSEMENT DE RÉCOLTE.	
		DOWNTON.	FERRYHILL.
	kil.	kil.	kil.
20 kil. scories brutes................. 20 — — dissoutes..............	500 de scories brut.	117	909
30 — — brutes................. 10 — — dissoutes..............	500 — —	Diminution. 47	407

Le mélange qui contient le plus de scories brutes est donc dans les deux cas préférable à celui qui en renferme le moins.

IX. — *Sous quelle forme les scories peuvent être appliquées avec le plus d'avantage.*

Le tableau suivant donne un résumé des accroissements obtenus avec chaque préparation de scories.

SUR DEUX PARCELLES	PAR HECTARE.	ACIDE phosphorique par HECTARE.	ACCROISSEMENT DE RÉCOLTE.	
			DOWNTON.	FERRYHILL.
	kil.	kil.	kil.	kil.
40 kil. scories brutes...........	500	72	479	1156
40 — dissoutes...............	500 scories brut.	72	170	610
40 — moitié brutes moitié dissoutes.......................	500 —	72	117	909
40 kil. un quart brutes, trois quarts dissoutes....................	500 —	72	dimin. 47	407
71 kil. brutes..................	875	125	301	1135
100 — brutes..................	2500	358	1130	1241
15 — phosphate précipité.....	190	59	417	874
31 — — —	390	122	634	1182
10 — scories brutes + 24 kil. de superphosphate...........	125	18	70[1]	227[1]

1. Ces deux chiffres ont été obtenus par la différence des résultats obtenus sur les parcelles indiquées, et celles ayant reçu 24 kilos de superphosphate seulement.

Ainsi, à Ferryhill, la meilleure fumure a été de 500 kilos de scories brutes par hectare. Des fumures deux et cinq fois plus fortes, n'ont pas donné sensi-

blement de meilleurs résultats. Quant au phosphate précipité, si l'on considère que son prix est trois fois plus élevé que celui des scories brutes, on verra qu'il n'offre aucun avantage.

A Downton, les indications sont décidément favorables à une forte fumure de scories brutes (2500 kilos par hectare). On peut voir cependant que, à poids égaux, le phosphate précipité est environ trois fois aussi efficace que les scories, et une fumure de 300 kilos de ce phosphate aurait donné sans doute les mêmes résultats qu'une tonne de scories.

Analyse du tchernosème (*terre noire de la Russie méridionale*) par M. Venukoff. — Le tchernosème est le terrain le plus productif pour les céréales. L'humus produit par la décomposition des plantes herbacées, dissous par l'eau des pluies, pénètre dans le sol et le fertilise d'autant plus profondément qu'il est plus poreux. L'analyse du tchernosème pris sur un plateau horizontal et desséché a donné sur 100 parties :

Matières minérales	87.9
Matières organiques	11.4
Eau et acide carbonique	0.7

Les substances minérales contiennent sur 100 :

Potasse	2.000
Soude	1.300
Chaux	1.400
Magnésie	0.900
Alumine	11.800
Sesquioxyde de fer	3.200
Sesquioxyde de manganèse	0.040
Acide titanique	0.100
Acide silicique	66.700
Acide phosphorique	0.200
Acide sulfurique	0.004
Chlorure de sodium	0.001

L'humus renferme 3, 9 p. 100 d'azote.

La végétation arborescente prospère sur le sol argileux qui, sous l'influence de l'humus, ne devient pas noir, mais seulement noirâtre ou brun. Il est remarquable que les racines des arbres, en pénétrant dans les couches du tchernosème le décolorent.

Deux nouvelles réactions du sucre, par M. H. Molisch[1].

Description des deux réactions :

a. A un demi-centimètre cube d'une solution sucrée on ajoute deux gouttes d'une solution de 16 à 20 p. 100 de α-naphtol dans l'alcool et on y verse un grand excès d'acide sulfurique concentré. Aussitôt qu'on agite le mélange, il apparaît une coloration violet foncé; en ajoutant de l'eau on obtient un précipité bleu violet.

1. *Zwei neue Zuckerreactionen.* — Acad. des sc. de Vienne, séance du 6 mai 1886. — *Bot. Centralbl.*, t. XXVII, p. 182.

b. 1° Si on remplace l'α-naphtol par le thymol, la coloration est rouge carmin et l'eau produit un précipité floconneux également rouge carmin.

2°. La plupart des sucres, sucre de canne, de raisin, de fruits, de lait, maltose, donnent la même réaction.

3°. Ces réactifs sont plus sensibles que ceux qu'on a employé jusqu'à présent.

4°. Comme l'acide sulfurique transforme les hydrates de carbone et les glycosides en sucres, on obtient naturellement la même réaction avec ces corps, mais ce n'est que d'une manière indirecte. Toutes les glycosides ne sont cependant pas dans ce cas, parce que le dédoublement de ces corps conduit à la formation d'une substance analogue au sucre mais qui n'en partage pas toutes les propriétés.

5°. Employés dans de bonnes conditions ces réactifs peuvent servir à déceler les sucres sous le microscope, dans les tissus mêmes.

6°. Ils rendent également de bons services quand il s'agit de rechercher le sucre dans les urines. L'urine normale de l'homme donne la réaction quand elle est étendue de 100 à 300 fois son volume d'eau. Ceci prouve que Brücke a raison de dire que l'urine renferme normalement du sucre. L'auteur donne d'ailleurs le moyen très simple de distinguer l'urine normale de l'urine diabétique.

Nouvelle réaction du tannin, par M. J.-W. Moll. — Il existe déjà bon nombre de réactifs microchimiques pour les tannins. Néanmoins l'auteur n'en n'est pas entièrement satisfait. Il faut avant tout obtenir un précipité tranchant nettement sur le liquide ambiant, et il est à désirer ensuite que l'emploi du réactif permette de distinguer les tannins qui verdissent les sels de fers de ceux qui les bleuissent. En d'autres termes, il faut arriver à combiner l'effet du bichromate de potasse avec celui des sels de fer; il faut trouver un corps qui précipite le tannin dans les cellules, et que les sels de fer mis en contact avec le précipité le bleuissent ou le verdissent suivant la nature du tannin.

Ce résultat peut être obtenu à l'aide des sels suivants : chlorhydrate de lithine, acétate de cuivre, nitrate de cuivre, nitrate de plomb, acétate d'urane. Le sel de fer le plus commode pour la seconde partie de l'épreuve est l'acétate.

Quand il s'agit de recherches microchimiques, l'auteur propose le procédé suivant :

On plonge les parties de la plante vivante réduite en menus fragments dans une solution saturée d'acétate de cuivre (7 p. 100), et on les y laisse séjourner sept à dix jours. On fait les coupes et on les place dans une goutte d'une solution d'acétate de fer à 0,5 p. 100, où elles ne doivent rester que quelques minutes, parce que les parois cellulaires commencent à brunir au bout d'un temps assez court. On lave les coupes à l'eau, on les transporte dans un verre de montre contenant de l'alcool afin de chasser l'air et de dissoudre la chlorophylle, enfin on les observe dans la glycérine.

La différence entre les tannins verdissants et bleuissants ressort ainsi avec la plus grande netteté. Ainsi, par exemple, les cellules à tannin d'écorce de hêtre se colorent en vert, tandis que celles de la moelle du même rameau prennent une teinte bleue.

Le Gérant : G. Masson.

Bourloton. — Imprimeries réunies, B, rue Mignon, 2.

ÉTUDES MICROPHYSIOLOGIQUES

SUR

LES RÉSERVOIRS D'EAU DES PLANTES

(1er MÉMOIRE, *Suite*)

PAR

M. J. VESQUE

Maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris
et à l'Institut agronomique

Dans la première partie de ce mémoire[1] j'ai exposé les résultats généraux de mes recherches sur les fonctions de l'épiderme, et j'ai démontré l'existence des fonctions de réservoir pour l'épiderme de trois espèces, le *Tradescantia zebrina*, le *Linaria cymbalaria* et le *Fuchsia globosa*. Je continue la description rapide de mes expériences sur douze autres espèces choisies dans des classes très variées du règne végétal.

4. Lilium candidum. — Les cellules de l'épiderme supérieur sont allongées dans le sens des nervures, limitées latéralement par des parois lâchement ondulées, plus ou moins fortement bombées au milieu. Il résulte de cette structure des difficultés qu'il me paraît impossible de supprimer entièrement et qui rendent souvent les résultats fort incertains. La cellule épidermique change en effet de forme avec une rapidité surprenante : il n'est pas rare de voir changer les hauteurs prises en différents points de la cellule dans le court espace de temps de cinq minutes. Dans un travail antérieur j'ai montré quelle est l'influence des sinuosités décrite par les parois latérales. Lorsque la paroi externe est plane, ces sinuosités favorisent la formation de plis et donnent une plus grande amplitude à la diminution de volume; lorsqu'elle est au contraire bombée, chacun des sinus rentrants devient, pendant la diminution de volume, le point de départ d'un gauchissement; tous les gauchissements finissent par se rencontrer et déterminent vers le centre de la paroi externe, lorsque la cellule est isodiamétrique, vers l'axe, lorsqu'elle est allongée, une sorte de crête ramifiée, comparable jusqu'à un certain point à celle d'un système de montagnes.

On conçoit, dès lors, combien il devient difficile de se rendre compte des changements de volume par de simples mesures de

1. Voyez le fascicule du mois d'octobre, p. 449.

hauteur, par des cotes. Les parois latérales, elles-mêmes, sont susceptibles d'extension et d'affaissement ; elles peuvent se redresser, s'incliner, se plisser, en même temps que la paroi externe bombée s'enfle, se gauchit, s'affaisse, de sorte que, le volume restant constant, la cellule peut affecter des formes extrêmement variées.

J'ai fait un très grand nombre d'expériences sur le lis, mais il est inutile de faire passer le lecteur par toutes les difficultés que j'ai rencontrées ; je me bornerai donc à faire voir par quelques-uns des chiffres les plus éloquents : *a*) que la cellule épidermique turgescente change de forme mais non de volume sous l'influence d'une pression; *b*) qu'elle abandonne de l'eau dans une solution salpêtrée qui ne provoque pas la plasmolyse ; *c*) qu'elle devient folle lorsqu'elle est plasmolysée ; *d*) qu'elle diminue de volume lorsque la feuille perd plus d'eau qu'elle n'en reçoit.

a. La coupe tangentielle comprend l'épiderme intact et une assise de cellules sous-jacentes également intactes. Elle est placée dès le début dans une solution de salpêtre à 1 p. 100 et recouverte d'une lamelle mince. Je mesure la hauteur en deux points différents: 1° point de repère supérieur : poussière attachée à la cuticule et située sur l'axe de la cellule ; point de repère inférieur : trace d'un méat sur la paroi interne de l'épiderme ; 2° point de repère supérieur : trace de la paroi latérale sur la paroi externe, au fond d'un sinus rentrant ; point de repère inférieur : trace d'un méat sur la paroi interne.

La lamelle mince repose entièrement sur le liquide qui, pourtant, ne déborde pas.

	Hauteur de la cellule.	
	Au milieu. mm.	Au bord. mm.
Moyenne de 4 lectures	0.053	0.0385

J'ajoute un grand excès de la même solution : changements de forme très variés :

	Hauteur de la cellule.	
Heures.	Au milieu. mm.	Au bord. mm.
10.11	0.046	0.036
10.13	0.055	0.041
10.15	0.050	0.036
10.20	0.047	0.040
10.30	0.054	0.042
Moyenne	0.050	0.039

J'enlève l'excès de liquide à l'aide d'une bandelette de papier buvard, jusqu'à la formation d'un petit ménisque sous la lamelle mince, à l'un de ses angles.

Heures.	mm.	mm.
10.34	0.050	0.040
10.40	0.048	0.042

Je continue à enlever la solution.

Heures.	mm.	mm.
10.45	0.048	0.046
10.50	0.050	0.044
10.55	0.055	0.044

J'ajoute un grand excès de solution.

Heures.	mm.	mm.
10.56	0.051	0.036
11	0.054	0.042
11. 2	0.054	0.036

J'enlève l'excès de liquide jusqu'à la formation d'un fort ménisque.

Heures.	mm.	mm.
11. 5	0.048	0.046
11. 8	0.047	0.044

Grand excès de solution.

Heures.	mm.	mm.
11.10	0.050	0.042
11.11	0.049	0.039

Ces quelques chiffres suffisent pour montrer combien les cotes sont variables par elles-mêmes. En tenant compte des erreurs de lecture, en considérant qu'il serait incorrect de prendre les moyennes de chiffres aussi essentiellement variables, il me paraît suffisamment prouvé que la pression plus ou moins forte de la lamelle mince n'exerce aucune influence sur le volume de la cellule turgescente.

J'ai vu souvent au cours de mes expériences que la pression déprime la partie saillante de la cellule tandis que les parois latérales sont distendues : la cellule s'aplatit au milieu et se dilate aux bords.

On le voit par exemple en confrontant les lectures de 10 h. 30 à 10 h. 45.

En effet, la cote du milieu descend de $0^m,054$ à $0^m,048$, tandis que la cote du bord monte de $0^m,042$ à $0^m,046$.

La largeur de la cellule était à cet endroit de $0^{m},060$, par conséquent les changements de volume, s'il devait y en avoir, sont extrêmement faibles. Une petite construction géométrique montre que sous l'influence de la pression, dans ce cas concret, la flèche de bombement est descendue de $0^{m},012$ à $0^{m},002$ pendant que la hauteur de la cellule mesurée au bord s'est accrue de $0^{m},004$.

b. Pour étudier l'influence des solutions de salpêtre différemment concentrées, j'ai d'abord opéré sur une cellule épidermique fortement turgescente en fixant les points de repère au milieu de la cellule.

Deux fragments de lamelle mince empêchaient la lamelle de peser sur la préparation.

La solution à 1,25 p. 100 s'est montrée sans effet.

La moyenne des onze dernières lectures faites avec cette solution est de $0^{mm},050$.

Ensuite, dans une solution à 2,5 p. 100 j'ai eu pour moyenne de la hauteur de la cellule $0^{mm},0465$; le chiffre le plus élevé après dix minutes d'action, a été de $0^{mm},047$. Je puis donc affirmer que cette solution a diminué le volume de la cellule.

La solution à 2,5 p. 100 ayant été remplacée par celle à 1,25 p. 100, j'ai relevé ensuite de 5 en 5 minutes les hauteurs suivantes: $0^{mm},048$; $0^{mm},049$; $0^{mm},045$; $0^{mm},049$; $0^{mm},049$; $0^{mm},051$; $0^{mm},047$; $0^{mm},051$; $0^{mm},050$.

Replacé dans les deux conditions initiales, l'épiderme à donc repris l'eau qu'il avait perdu.

D'autres expériences ont été faites à l'aide de deux couples de points de repère, choisies respectivement au milieu et au bord de la cellule. En voici un exemple.

	Hauteur de la cellule.	
	Au milieu.	Au bord.
a. Solution à 1 p. 100.	mm.	mm.
Moyenne de 4 lectures....................	0.0330	0.0240
b. Solution à 2 p. 100.	mm.	mm.
Moyenne de 8 lectures, les deux premières lectures ayant été écartées parce que l'effet ne s'y faisait pas encore sentir.........	0.028	0.0194

c. Au bout de 1 h. 30 le volume de la cellule a de nouveau augmenté dans la même solution, ce qui semble prouver que la cellule

a absorbé du salpêtre et a augmenté son pouvoir d'attraction pour l'eau.

	mm.	mm.
Moyenne de 5 lectures....................	0.0348	0.0192

Cette augmentation a été obtenue par le bombement de la paroi externe, les parois latérales ayant conservé à peu près la même hauteur bien inférieure à celle qui avait été relevée dans la solution à 1 p. 100.

d. La solution à 2,5 p. 100 a de nouveau diminué le volume.

	mm.	mm.
Moyenne de 6 lectures....................	0.0303	0.0193

e. Solution à 1 p. 100.

	mm.	mm.
Augmentation de volume, moyenne de 4 lectures..................................	0.0350	0.0292

f. Solution à 3 p. 100.

	mm.	mm.
Moyenne de 3 lectures....................	0.0317	0.0223

Au début cette solution a provoqué dans l'un des sinus de la paroi latérale une plasmolyse localisée, mais très nette, qui n'a pas tardé à disparaître sous l'influence de la diminution de volume.

La solution à 5 p. 100 donnée enfin à l'épiderme, l'a immédiatement plasmolysé.

Il est donc prouvé que les solutions de salpêtre à 2, 2,5 et 3 p. 100 diminuent le volume des cellules épidermiques, que l'épiderme séjournant longtemps dans une solution qui lui avait d'abord soustrait de l'eau peut de nouveau augmenter de volume, probablement parce que les cellules absorbent du salpêtre, et enfin que la diminution du volume du squelette de la cellule empêche la plasmolyse.

c. La cellule plasmolysée est folle.

Une préparation mise à l'abri de la pression par deux fragments de lamelle mince est plasmolysée par une solution de salpêtre à p. 100. Le tissu sous-jacent n'est pas plasmolysé.

	mm.	mm.	mm.
Hauteurs de la cellule prise au milieu, successivement de 5 en 5 minutes....................	0.045	0.044	0.042
		mm.	mm.
J'enlève les lamelles de soutien...........		0.030	0.029

	mm.	mm.	mm.
J'ajoute un grand excès d'eau...	0.029	0.035	0.014
J'enlève l'excès de liquide avec du papier buvard................................		0.033	0.035

Le squelette de la cellule obéit donc aux actions mécaniques extérieures.

d. Il me reste à démontrer directement que toute perte d'eau non compensée est, dès le début, couverte par l'eau contenue dans les cellules épidermiques.

L'expérience a montré qu'une feuille de lis coupée peut séjourner plusieurs heures à l'air sans présenter le moindre symptôme de fanaison, par conséquent sans que les cellules assimilatrices perdent leur turgescence. Seul l'épiderme diminue peu à peu de volume en cédant son eau intracellulaire aux tissus sous-jacents. Le double mécanisme consiste dans l'abaissement de la membrane externe d'abord voûtée et dans l'inclinaison progressive des parois latérales.

Les résultats me semblaient d'abord devoir se ressentir de la grande variabilité de l'épiderme sur une même feuille; c'est pourquoi j'ai suivi trois méthodes différentes qui se contrôlent réciproquement.

1. Une coupe tangentielle comprenant l'épiderme supérieur et en moyenne deux assises de cellules assimilatrices est disposée sous le microscope de manière à former un pont sur deux lames de verre parallèles, distantes de quelques millimètres. L'air pouvait circuler librement sous la préparation et par conséquent enlever de l'eau.

Je mesurais de minute en minute la hauteur de l'épiderme à l'aide de la vis micrométrique. Le point de repère supérieur était un grain de poussière fixé sur la cuticule, au milieu d'une cellule, et l'inférieur un méat très net placé un peu au-dessous de la paroi interne de l'épiderme. Les hauteurs sont donc trop fortes, mais les diminutions de hauteur sont exactes.

Voici quelques-uns des chiffres.

Heures.	Hauteur de l'épiderme. mm.
3.46..	0.064
3.50..	0.063
4.00..	0.044
4.10..	0.039
4.20..	0.032

La réduction de la hauteur de l'épiderme a donc été au moins de la moitié en ce court espace de temps. Il est vrai que les cellules transpiratrices étaient librement exposées à l'air au lieu d'être protégées par l'épiderme inférieur percé de stomates régulateurs. La préparation était, du reste, visiblement fanée à la fin de l'expérience, les cellules assimilatrices étaient devenues anguleuses.

Pour éviter l'exagération anormale de la transpiration, j'ai opéré sur un fragment de feuille pourvu de ses deux épidermes. L'observation est encore possible, mais elle est beaucoup plus difficile; c'est pourquoi j'ai relevé de temps en temps un certain nombre de chiffres dont voici les moyennes.

Heures.	mm.
8.28. Moyenne de 10 lectures	0.058
8.40. Moyenne de 5 lectures	0.060
9. 2. Moyenne de 6 lectures	0.054
9.17. Moyenne de 4 lectures	0.047

2. Une feuille de lis fraîchement coupée est abandonnée sur la table à la lumière diffuse par un temps humide. De temps en temps je prélève un petit fragment dans le voisinage de la nervure médiane, pour y faire des coupes transversales parallèles aux veinules. Les coupes sont assez épaisses pour qu'il y reste au moins une cellule épidermique intacte. Elles sont immédiatement plongées dans une goutte d'huile et dessinées à la chambre claire.

Les chiffres suivants indiquent les hauteurs maxima et minima des cellules épidermiques prises sur une même préparation.

	Hauteur de l'épiderme.	
	Minima.	Maxima.
Heures.	mm.	mm.
9.50	0.036	0.053
11	0.027	0.040
Midi	0.030	0.036
1	0.027	0.032
2	0.022	0.034
4	0.024	0.031
5	0.019	0.025
Le lendemain à		
8	0.011	0.020

Durant toute la première journée les cellules assimilatrices n'ont pas changé d'aspect; elles ont conservé leur contour arrondi et la feuille elle-même ne s'est pas fanée, tandis que le lendemain elles

avaient visiblement perdu de leur eau intra-cellulaire, leur contour était sinué, anguleux.

3. Une feuille coupée étant abandonnée sur la table, j'enlève de temps en temps une coupe tangentielle dans le voisinage de la nervure médiane, je la place dans l'huile et je mesure à l'aide de la vis micrométrique la hauteur des cellules épidermiques prise au milieu et au bord de la cellule.

	Hauteur de la cellule.		
	Au milieu.	Au bord.	
Heures.	mm.	mm.	Moyenne de
8.30	0.0375	0.0232	4 lectures.
10.15	0.0213	0.0190	6 —
11.15	0.0242	0.0156	4 —
1.30	0.0130	0.0122	4 —

Dans une autre expérience j'ai jugé à propos de prélever une préparation non seulement à côté de la nervure médiane, mais encore au bord de la feuille. Les chiffres sont les moyennes de quatre lectures.

	HAUTEUR DE LA CELLULE ÉPIDERMIQUE.			
	PRÈS DE LA NERVURE.		PRÈS DU BORD.	
	Au milieu.	Au bord.	Au milieu.	Au bord.
Heures.	mm.	mm.	mm.	mm.
10.45	0.0412	0.0282	0.0322	0.0212
1.15	0.0335	0.0210	0.0228	0.0152
3.30	0.0234	0.0098	0.0150	0.0118

Il est presque inutile de dire que toutes les coupes ont été prises dans des endroits très rapprochés et qu'elles ont été faites de plus en plus près de la base de la feuille. En prenant la coupe au-dessus de la plaie laissée par une autre, il m'est en effet arrivé de trouver l'épiderme tellement écrasé qu'il n'était plus mesurable par la méthode de la vis.

On voit que la hauteur de l'épiderme décroît avec une régularité remarquable quand la feuille cesse de recevoir de l'eau.

Quand on envisage enfin tout l'ensemble de mes expériences sur le lis, il est impossible de ne pas attribuer à l'épiderme supérieur de cette plante les fonctions de réservoir d'eau.

5. *Tropæolum majus* (Capucine). — Les feuilles ont été prises sur un pied robuste qui croissait adossé à un mur orienté vers l'ouest. Les cellules épidermiques sont assez grandes, limitées par des parois latérales médiocrement ondulées et se bombent légèrement en dehors, souvent assez fortement en dedans. Les cellules en palissades sont 3-4 fois plus longues que larges.

J'ai fait un grand nombre d'expériences qui n'ont pas toutes donné des résultats également nets. Mais je crois que la plupart des insuccès peuvent être attribués au temps très chaud qui régnait alors (juillet 1886) et qui avait mis l'épiderme dans un état de pénurie impropre à l'étude.

Je suis néanmoins absolument convaincu des fonctions de réserve de cet épiderme.

Voici le résumé des résultats d'une expérience qui, j'en suis sûr, en convaincra également le lecteur.

L'expérience a été faite sur une coupe tangentielle comprenant l'épiderme et une assise de cellules en palissades. Les granules irréguliers de cire qui couvrent la cuticule permettent la mise au point, au centre de la cellule un de ces granules a été choisi comme point de repère. Le point de repère inférieur était la trace d'un méat. La hauteur de la cellule a été également mesurée au bord dans un sinus de la paroi latérale. On a mesuré chaque fois deux cellules contigues, que je désigne par les lettres A et B et chacune d'elles a été mesurée au milieu (M) et au bord (B).

a. Solution de salpêtre à 1 p. 100.

Heures.			Hauteur. mm.	Heures.			Hauteur. mm.
7. 3........	A.	M.	0.031		B.	M.	0.029
		B.	0.016			B.	0.013

La hauteur de l'épiderme s'est rapidement accrue dans cette solution très étendue, ce qui me fait croire que l'épiderme a été pris en pleines fonctions de réservoir. J'ai obtenu en effet, après plusieurs lectures que je passe sous silence :

Heures.			mm.	Heures.			mm.
7.18..........	A.	M.	0.042		B.	M.	0.037
		B.	0.018			B.	0.025
	B.	M.	0.033	7.40......	A.	M.	0.042
		B.	0.020			B.	0.017
7.30..........	A.	M.	0.046		B.	M.	0.033
		B.	0.018			B.	0.020

Le volume de l'épiderme s'est donc accru jusqu'à 7 h.30 pour reprendre à 7 h. 40 une valeur très sensiblement égale a celle qu'il avait à 7 h.18.

Il est donc indiqué de prendre les valeurs de 7 h.40 comme point de départ des expériences à faire avec des solutions plus concentrées.

b. *Solution de salpêtre à 2 p. 100.*

Heures.			mm.	Heures.			mm.
7.45..........	A.	M.	0.040		B.	M.	0.032
		B.	0.012			B.	0.017

Faisons remarquer ce détail curieux que les bords des cellules se sont affaissés avant le centre.

Heures.			mm.	Heures.			mm.
7.50..........	A.	M.	0.040		B.	M.	0.030
		B.	0.018			B.	0.020
	B.	M.	0.031	9.........	A.	M.	0.038
		B.	0.020			B.	0.011
8.15..........	A.	M.	0.039		B.	M.	0.024
		B.	0.018			B.	0.011
	B.	M.	0.030	9.30......	A.	M.	0.039
		B.	0.019			B.	0.001
8.45..........	A.	M.	0.036		B.	M.	0.030
		B.	0.012			B.	0.011

On voit que l'action de la solution à 2 p. 100 a été sensible, mais faible et inconstante. Il s'est produit des changements de dimension très rapides et très compliqués d'où il serait même imprudent de conclure avec certitude à des changements de volume, étant donné surtout que les erreurs de lecture peuvent s'élever à 3 millièmes de millimètres.

c. *Solution de salpêtre à 2.5 p. 100.*

Heures.			mm.	Heures.			mm.
9.4...........	A.	M.	0.036	10.15.....	A.	M.	0.033
		B.	0.012			B.	0.010
	B.	M.	0.027		B.	M.	0.027
		B.	0.011			B.	0.012

Nouvelle diminution sensible qui a porté cette fois sur le centre des cellules.

d. *Solution de salpêtre à 3 p. 100.*

Heures.			mm.	Heures.			mm.
10.30.........	A.	M.	0.029	10.45...	A.	M.	0.025
		B.	0.009			B.	0.010
	B.	M.	0.025		B.	M.	0.023
		B.	0.011			B.	0.011

De 36 et respectivement 33, la hauteur maxima des cellules est tombée à 29 et 25.

La diminution totale de hauteur obtenue par la solution à 3 p. 100 substituée à celle de 1 p. 100 est donc très considérable :

		à 1 p. 100.	à 3 p. 100.			à 1 p. 100	à 3 p. 100.
		mm.	mm.			mm.	mm.
A.	M.......	0.042	0.025	B.	M.....	0.033	0.023
	B.......	0.017	0.010		B.....	0.020	0.011

Je ne me trompe pas de beaucoup en disant que le volume de l'épiderme s'est réduit de 39 p. 100, ce qui correspond pour une feuille de capucine de moyenne grandeur à 55 milligr. d'eau cédée par l'épiderme supérieur.

Nous verrons plus tard quelle conclusion il convient de tirer de ces données numériques.

Pour le moment poursuivons l'expérience et voyons quelle sera l'influence d'une solution à 1 p. 100 sur l'épiderme ainsi réduit.

e. *Solution de salpêtre à 1 p. 100.*

Heures.			mm.	Heures.			mm.
9.5...........	A.	M.	0.027		B.	M.	0.025
		B.	0.003			B.	0.007

Il y a d'abord une tendance au bombement des cellules, mais en même temps les parois latérales s'affaissent, pour se redresser bien vite ainsi qu'on va le voir :

Heures.			mm.	Heures.			mm.
9.10..........	A.	M.	0.027	Midi 15...	A.	M.	0.039
		B.	0.005			B.	0.009
	B.	M.	0.026		B.	M.	0.027
		B.	0.009			B.	0.014
9.18..........	A.	M.	0.028	Midi 45...	A.	M.	0.039
		B.	0.008			B.	0.011
	B.	M.	0.028		B.	M.	0.031
		B.	0.010			B.	0.018

D'où il suit que l'eau perdue par l'épiderme dans la solution à 3 p. 100 a été presque entièrement reconquise en trois heures dans la solution à 1 p. 100.

Qu'il me soit permis de citer à ce propos un curieux accident qui s'est produit dans une de mes expériences.

La préparation avait séjourné pendant longtemps dans une solution primitivement donnée à 1 p. 100 mais que j'avais laissée se

concentrer par évaporation. On conçoit que la plasmolyse n'a pas tardé à se produire. J'ai ensuite fait circuler la même solution sur la préparation. Aussitôt les sacs protoplasmiques se sont dilatés, se sont de nouveau appliqués sur la membrane cellulosienne en envoyant des prolongements dans les sinus des parois latérales; mais dans l'une des cellules, au-dessous de laquelle il s'était formé une bulle d'air, le bras protoplasmique s'enfonçant dans un de ces sinus s'est brusquement contracté au contact de la paroi cellulaire. On ne saurait mieux comparer ce mouvement instantané qu'au mouvement reflexe de la main qui ressent une brûlure. A la suite de cet accident tout le protoplasma s'est contracté et n'a pu être ramené à son état normal. Je pense que la membrane cellulosienne s'était imbibée d'une solution de salpêtre très concentrée ou même incrustée de salpêtre solide.

6. *Clematis Vitalba.* —L'épiderme de cette plante présente une forme très répandue chez les végétaux herbacés et chez un grand nombre d'espèces ligneuses. Les cellules sont limitées par des parois latérales assez fortement ondulées, les parois externe et interne sont mollement bombées la première en dehors, l'autre du côté des cellules en palissades. Le volume de l'épiderme est faible relativement à celui du mésophylle. Sa hauteur est à celle du mésophylle par exemple comme 13 est à 170, mais ce dernier étant très méatique, je ne crois pas exagérer en disant que son volume est à celui du mésophylle comme 1 est à 4. Ce qui est particulièrement intéressant, c'est que ses parois sont assez robustes pour exclure au premier abord l'idée de changements de volume tels que nous les avons trouvés jusqu'à présent.

Les expériences ont été conduites comme dans les cas précédents à l'aide de coupes tangentielles comprenant l'épiderme et l'assise de cellules en palissades. On a mesuré la hauteur d'une cellule épidermique en son milieu et au bord. Les points de repère médians étaient un grain de poussière adhérent à la cuticule et la trace d'un méat intercellulaire, les latéraux la trace de l'intersection de deux parois latérales et celle d'un méat.

La préparation a été placée dès le début dans une solution de salpêtre à 1 p. 100, qui a été presque aussitôt remplacée par une autre à 2 p. 100.

Les différences observées étant de même ordre que les erreurs de lecture, il fallait multiplier les lectures pour en tirer des moyennes.

Je tiens même à citer tous les chiffres afin que le lecteur puisse se rendre compte du degré de confiance qu'ils méritent.

Solution à 2 p. 100.

	mm.
Milieu............	0.012; 0.015; 0.011; 0.016; 0.011; 0.012.
Bord.............	0.007; 0.008; 0.010; 0.008; 0.009; 0.006.

Moyenne des 6 lectures.

	mm.
Milieu..	0.013
Bord..........	0.008

Cette expérience a duré 1 h. 7.

Solution à 2,5 p. 100, de 11.30 à 4.10.

	mm.
Milieu....	0.011; 0.014; 0.012; 0.010; 0.012; 0.011; 0.014; 0.013; 0.011.
Bord.....	0.009; 0.009; 0.005; 0.008; 0.004; 0.007; 0.005; 0.006; 0.003.
Milieu.....	0.014; 0.011; 0.010; 0.011; 0.010; 0.015; 0.011; 0.011.
Bord......	0.004; 0.005; 0.001; 0.001; 0.002; 0.007; 0.002; 00.01.

Moyenne de 17 lectures.

	mm.
Milieu...	0.0117
Bord...	0.0046

Solution à 3 p. 100. de 4.15 à 6.16.

	mm.	
Milieu......	0 010; 0.011; 0.010; 0.010; 0.012; 0.009; 0.012; 0.008.	
Bord..	0.002; 0.006; 0.003; 0.006; 0.005; 0.004; 0.003; 0.006.	
Milieu....................................	0.009;	0.008;
Bord......................................	0.003;	0.001;

Moyenne des 10 lectures :

	mm.
Milieu...	0.009
Bord...	0.0039

Les résultats qui ont été obtenus avec la solution à 2,5 p. 100 peuvent paraître douteux, la moyenne tirée de chiffres aussi variables peut semblèr illusoire, mais la solution à 3 p. 100 produit une diminution très frappante moins bien exprimée par les moyennes que par les données même des dernières expériences.

Restait à faire la contre-épreuve.

L'épiderme étant arrivé à ce degré de collapsus je lui ai donné de l'eau distillée.

Milieu....................................	0.015;	0.017
Bord......................................	0.005;	0.008

Sous l'influence de l'eau distillée, l'épiderme a repris un volume

qui dépasse de beaucoup celui qui avait été observé dans la solution à 2 p. 100, au début de l'expérience. Il est bon d'ajouter que le temps très court de quatre minutes a suffi pour cela. Il est donc prouvé que l'épiderme de la Clématite, malgré l'apparence relativement robuste de ses parois, change de volume dans des proportions considérables. Quant aux cellules en palissades aucun changement de forme n'a pu être observé.

7. *Fusain du Japon* (*Evonymus japonicus*). — Les cellules épidermiques sont délimitées par des parois rectilignes; elles mesurent au maximum environ $0^{mm},028$ de hauteur, la paroi externe non comprise; la paroi externe est rigoureusement plane, son épaisseur est d'environ $0^{mm},007$. Les parois latérales sont fortement épaissies et cutinisées dans leur quart ou leur tiers supérieur et cet épaississement présente pour chaque paroi la forme d'un coin dont la partie large s'insère sur la paroi externe et l'arête sur le reste de la paroi latérale. La paroi épaissie renforcée par un réseau de baguettes cunéiformes constitue évidemment un ensemble solide qui ne peut se mouvoir qu'en bloc, tandis que la partie inférieure des parois latérales reste seule flexible ou extensible.

Quant à ses dimensions absolues cet épiderme est au moins aussi développé que celui de la Clématite, mais le mésophylle est beaucoup plus épais (environ $0^{mm},360$) et consiste en trois assises de cellules en palissades occupant ensemble moins de la moité de l'épaisseur totale et en un parenchyme spongieux très méatique. Si je parviens à démontrer que l'épiderme est susceptible de changements de volume relativement considérables sous l'influence de l'osmose, il n'en sera pas moins vrai qu'il ne pourra jamais constituer un réservoir d'eau bien efficace.

a. *L'épiderme supérieur du fusain diminue de hauteur lorsque la feuille perd de l'eau.* — On a coupé une feuille et on a enlevé un petit carré du limbe situé dans le voisinage de la nervure médiane (à $0^{m},004$ environ de cette nervure). Des coupes transversales faites dans cet échantillon ont été immédiatement plongées dans l'huile et dessinées à la chambre claire.

	mm.
Hauteurs de 5 cellules à 8 h. 45 du matin.	0.0243; 0.0250; 0.0287; 0.0223; 0.0243

La feuille est restée sur la table jusqu'à 4 heures du soir; à ce moment elle n'était pas fanée; l'examen microscopique a montré que la mésophylle n'avait subi aucun changement appréciable.

Un nouvel échantillon a été pris immédiatement au-dessous du premier et les coupes transversales ont été étudiées sous l'huile.

	mm.
Hauteurs de 5 cellules à 4 h. du soir....	0.0157; 0.0200; 0.0160; 0.0177; 0.0160

	mm.
Moyenne de la hauteur à 8.45..........................	0.0249
4 h..........................	0.0171

Pendant cette période de pénurie d'eau, l'épiderme supérieur s'est réduit à 69 p. 100 du volume initial.

b. *Expériences osmotiques.* — Des coupes tangentielles comprenant l'épiderme et une assise de cellules en palissades ont été traitées par des solutions de salpêtre à 1, 2, 2,5 et 3 p. 100 et par l'eau pure; la hauteur de l'épiderme a été mesurée par la méthode de la vis micrométrique. Le point de repère supérieur était un petit corps étranger appliqué sur la cuticule au milieu de la cellule, l'inférieur la trace d'un méat intercellulaire. Les quantités absolues sont donc trop fortes, puisque l'épaisseur des parois est comprise dans la hauteur de la cellule épidermique, mais les différences sont exactes.

	Moyennes.	Nombre des lectures.
Solution à 1 pour 100 de 8 h. 55 à 9 h. 40......	0.0247	3
Solution à 2 p. 100 de 10 h. à 10 h. 15..........	0.0213	3
Solution à 2,5 p. 100 de 10 h. 20 à 10 h. 52.....	0.0206	5
Solution à 3 p. 100 de 10 h. 57 à midi 55........	0.0173	8
Solution à 1 p. 100 de 1 h. à 2 h. 30...........	0.0203	9
Solution à 3 p. 100 de 2 h. 35 à 2 h. 55.........	0.0188	5
Eau pure de 3 h. à 4 h..........................	0.0223	8

On voit que l'effet des solutions plus ou moins concentrées a été très régulier et conforme à ce que nous avons trouvé chez les autres espèces. L'écart maximum atteint un peu plus de $0^{mm},007$, ce qui équivaut à plus du quart du volume maximum.

Dans une autre expérience faite dans les mêmes conditions j'ai observé une anomalie que je tiens à signaler en faisant remarquer toutefois que ce résultat est absolument isolé.

	Moyennes.	Nombre des lectures.
Solution à 1 p. 100 de 7 h. à 8 h. 30....	0 0167	3
Solution à 2 p. 100 de 8 h. 32 à 9 h. 35....	0.0150	5
Solution à 2,5 p. 100 de 9 h. 42 à 10 h. 25....	0.0135	4
Solution à 3 p. 100 de 10 h. 29 à 10 h. 44....	0.0142	5
Solution à 1 p. 100 de 10 h. 30 à 10 h. 52....	0.0180	2
Solution à 3 p. 100 de 10 h. 54 à 11 h. 2.....	0.0148	4
Solution à 1 p. 100 de 11 h. 5 à midi 40....	0.0160	6
Solution à 3 p. 100 de midi 50 à 1 h. 50.....	0.0150	4
Eau pure de 1 h. 58 à 2 h. 20.....	0.0170	4

La solution à 3 p. 100 appliquée à 10 h. 29 a donné une hauteur un peu supérieure à celle qui avait été relevée dans la solution à 2,5 p. 100; l'écart est très faible puisqu'il n'atteint pas même un millième de millimètre et il ne s'est produit dans ce sens qu'une seule fois.

L'écart maximum observé dans cette série n'a été que de $0^{mm},0035$.

Lorsque la préparation séjourne pendant longtemps dans la même solution, l'épiderme peut d'ailleurs augmenter de volume, peut-être, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer par suite d'un change-de composition du suc cellulaire. Voici par exemple une série de chiffres, moyennes de quatre lectures très rapprochées qui ont été obtenues dans une solution à 2 p. 100.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
2.48	0.0178	3.45	0.0178
3	0.0170	4.15	0.0170
3.20	0.0150	4.40	0.0195

Dans la solution à 3 p. 100.

Heures.	mm.	Heures.	mm.
5.3	0.0184	5.40	0.0154
5.20	0.0152	6	0.0172

L'écart maximum a été de $0^{mm},0039$.

L'épiderme du fusain, malgré sa structure rigide, et adaptée à des fonctions mécaniques, est donc susceptible de changer de volume dans des proportions relativement considérables.

8. *Laurier-Cerise* (*Prunus Lauro-Cerasus*). — J'ai examiné sous l'huile des coupes transversales assez épaisses prises vers le milieu de la longueur de la feuille les unes près de la nervure médiane, les autres plus près du bord, et j'ai mesuré la hauteur des cellules épidermiques. La feuille, a été soumise aux mêmes mesures après 8 heures de séjour à l'air libre et à la lumière diffuse et enfin de nouveau le lendemain matin.

Les fragments destinés à la confection des coupes ont été pris de manière à ce qu'ils fussent situés à la même distance du pétiole.

Les chiffres que je reproduis ici sont les moyennes de plusieurs mesures.

Première série. — Feuille coupée.

	Hauteur moyenne de l'épiderme. mm.
A 9 h. 50 du matin, au milieu du limbe	0.0263
Au bord	0.0296
A. 6 h. du soir, au milieu du limbe	0.0212

	mm.
Au bord	0.0263
Perte au milieu	0.0051
Au bord	0.0033
A 8 h. du matin, au milieu	0.0175
Au bord	0.0165
Perte au milieu	0.0088
Au bord	0.0131
A 9 h. 50 m.	0.0279
A 6 h.	0.0238
Perte moyenne	0.0041

Soit environ 14 p. 100.

	mm.
A 8 h. du matin	0.0170
Perte moyenne	0.0109

Soit environ 39 p. 100.

2e *série*. — La feuille reste attachée au rameau coupé qui est dépouillé de toutes les autres feuilles.

Hauteur moyenne de l'épiderme.

	mm.
A 9 h. du matin, au milieu	0.0261
Au bord	0.0285

Le lendemain à la même heure.

	mm.
Au milieu	0.0187
Au bord	0.0211
Au milieu	0.0074
Au bord	0.0074

Soit environ 28 p. 100.

On voit que l'épiderme perd plus d'eau lorsque la feuille est isolée que lorsqu'elle reste attachée à un rameau privé de ses autres feuilles. Évidemment la perte d'eau à été partiellement couverte par le rameau et peut-être précisément par son épiderme.

Aucune trace de fanaison n'était visible sur les feuilles, ni dans un cas ni dans l'autre.

Le rameau a été replacé ensuite dans l'eau. Le lendemain, la coupe faite au milieu du limbe a donné pour la hauteur de l'épiderme la moyenne de $0^{mm},0237$.

9. *Saxifraga ligulata.* — Feuille détachée.

Hauteur de l'épiderme, au début, 5 heures du soir.

	mm.
Moyenne de 18 lectures	0.0289
A 9 h. du matin, moyenne de 12 lectures	0.0206
Perte	0.0083

Soit environ 29 p. 100.

La feuille est légèrement fanée.

A l'état normal les cellules épidermiques sont assez fortement bombées vers l'extérieur, mais peut-être plus fortement encore du côté des cellules en palissades. C'est la face interne qui semble fléchir d'abord lorsque l'épiderme perd de l'eau ; elle peut même devenir tout à fait plane.

10. *Lonicera caprifolium.* — Feuille tenant à un rameau qui a été dépouillé de toutes les autres feuilles.

Hauteur de l'épiderme à 5 heures du soir.

	mm.
Moyenne de 8 lectures	0.0397
A 9 h. du matin	0.0126
Perte	0.0271

La feuille est très fortement fanée, elle commence à se dessécher, ce qui explique cette énorme perte de la part de l'épiderme.

Une autre expérience a été faite sur une feuille détachée.

Hauteur primitive de l'épiderme.

	mm.
Moyenne de 6 lectures	0.0383

Après 3 heures d'exposition à l'air libre :

	mm.
Moyenne de 5 lectures	0.0300

La feuille ne présente pas le moindre indice de fanaison.

11. *Cordyline congesta.*

Hauteur initiale de l'épiderme.

	mm.
Moyenne de 8 lectures	0.0137

Après 3 heures d'exposition.

	mm.
Moyenne de 9 lectures	0.0097

Après 6 h. 40 m. d'exposition.

	mm.
Moyenne de 7 lectures	0.0100

Pas de fanaison ; pas de plissements visibles sur les parois latérales.

12. *Chrysanthemum coronarium.*

Hauteur initiale de l'épiderme mesurée.

	mm.
a) Au milieu des cellules : moyenne de 7 lectures	0.0277
b) Au bord des cellules : moyenne de 6 lectures	0.0187
Moyenne générale	0.0232

Après 3 heures d'exposition.

	mm.
a) Au bord des cellules : moyenne de 5 lectures..........	0.0223
b) Au bord des cellules : moyenne de 6 lectures..........	0.0140
Moyenne générale....................................	0.0181

La diminution de volume est en réalité plus forte qu'il ne semblerait d'après ces données, parce que la paroi externe est d'abord régulièrement bombée en calotte sphérique, tandis que plus tard, après la perte d'eau, le milieu de cette paroi est vivement projeté en dehors, et que les côtés sont aplanis ou mêmes concaves.

Pas de fanaison apparente et pas de plis visibles sur les parois latérales.

13. *Pelargonium zonale.* — Cellules épidermiques légèrement bombées en dehors, plus fortement en dedans, du côté des cellules en palissades.

Hauteur initiale de l'épiderme.

	mm.
a) Au milieu des cellules : moyenne de 6 lectures........	0.0323
g) Au bord des cellules : moyenne de 6 lectures..........	0.0237
Moyenne générale....................................	0.0280

Après 3 h. 20 m. d'exposition.

	mm.
a) Au milieu des cellules : moyenne de 6 lectures........	0.0303
b) Au bord des cellules : moyenne de 5 lectures..........	0.0177
Moyenne générale....................................	0.0240

Même remarque que ci-dessus. Parois latérales fortement pliées en S. Pas de fanaison apparente.

14. *Sparmannia africana.* — Cellules légèrement bombées en dehors et en dedans.

Hauteur au milieu des cellules.

	mm.
Moyenne de 4 lectures..................................	0.0373

Après 3 h. 20 m. d'exposition.

	mm.
Moyenne de 6 lectures..................................	0.0280

Parois latérales fortement pliées en S.

Pas de fanaison apparente.

15. *Tagetes patula.*

Hauteur initiale.

	mm.
Moyenne de 6 lectures..................................	0.0203

Après 3 heures d'exposition.

	mm.
Moyenne de 6 lectures..................................	0.0113

Pas de fanaison apparente.

23. *Sonchus asper.*

Hauteur de l'épiderme mesurée au milieu des cellules.

	mm.
Moyenne de 5 lectures	0.0353

Après 2 h. 10 m. d'exposition.

	mm.
Moyenne de 6 lectures................................	0.0247

Feuille fortement fanée.

24. *Thunbergia alata.*

Hauteur primitive.

	mm.
Moyenne de 7 lectures................................	0.0320

Après 2 h. 17 m. d'exposition.

	mm.
Moyenne de 13 lectures	0.0287

Pas de fanaison apparente.

25. *Aucuba japonica.*

a. Partie blanche.

Hauteur primitive.

	mm.
Moyenne de 9 lectures................................	0.0220

Après 2 h. 20 m. d'exposition.

	mm.
Moyenne de 8 lectures................................	0.0200

b. Partie verte.

Hauteur primitive.

	mm.
Moyenne de 6 lectures................................	0.0230

Après 2 h. 20 m. d'exposition.

	mm.
Moyenne de 6 lectures................................	0.0227

Action très faible, sans doute à cause de la faible transpiration de cette plante.

Les quelques espèces suivantes ont été étudiées par le procédé de la vis micrométrique.

11. *Ampelopsis quinquefolia.* — Coupe tangentielle à la face supérieure de la feuille. Points de repère : corpuscule étranger fixé à la cuticule au milieu d'une cellule et trace d'un méat à la face inférieure.

Hauteur de l'épiderme (moyenne de 4 lectures)

Solution de salpêtre à 1 p. 100.

Heures.	mm.
5.15	0.012
5.30	0.014
5.45	0.014

Solution à 3 p. 100.

Heures.	mm,
5.55	0.010
6.15	0.0098

Eau pure.

Heures.	mm.
6.40	0.012
6.47	0.013
Diminution maximum	0.044

Soit environ de 31 p. 100.

12. *Yucca gloriosa.* — Même procédé.

Hauteur de l'épiderme (moyenne de 4 lectures).

Solution à 1 p. 100.

Heures.	mm.
7.33	0.013
7.50	0.013
8.5	0.014

Solution à 3 p. 100.

Heures.	mm.
9.0	0.010
9.15	0.010
9.30	0.010

Eau pure.

Heures	mm.
9.45	0.015
10.0	0.017
Diminution maximum	0.0067,

Soit environ de 40 p. 100.

13. *Ligustrum vulgare.* — Même procédé.

Hauteur de l'épiderme (moyenne de 4 lectures).

Solution à 1 p. 100.

Heures.	mm.
10.5	0.023
10.15	0.028
10.30	0.025

Solution à 3 p. 100.

Heures.	mm.
10.35	0.025
10.45	0.026
11.0	0.021
11.15	0.017

Eau pure.

Heures.	mm.
11.22	0.022
12.00	0.022
1.00	0.021
Diminution maxima	0.011

Soit environ de 39 p. 100.

14. *Syringa vulgaris.* — Même procédé.

Hauteur de l'épiderme (moyenne de 4 lectures).

Solution à 1 p. 100.

Heures	mm.
1.5	0.022
1.30	0.022

Solution à 3 p. 100.

Heures.	mm.
1.35	0.021
2	0.021
2.15	0.021
2.30	0.020

Eau pure.

Heures	mm.
2.45	0.017
3.15	0.020
3.45	0.022
Diminution maxima	0.0035

Soit environ de 15 p. 100.

Je n'ai pas tenu compte dans ce dernier calcul de la descente à 0mm,017 qui a été observée dans l'eau distillée, mais qui est évidemment due à la solution précédemment employée.

15. *Polypodium vulgare.* — Même procédé.

Hauteur de l'épiderme (Moyenne de 4 lectures).

Solution à 1 p. 100.

Heures.	mm.
4.0	0.034
4.30	0.032

Solution à 3 p. 100

Heures.	mm.
5.0	0.031
5.15	0.031
5.45	0.029

Eau pure.

Heures.	mm.
6.10	0.030
6.25	0.030
Diminution maxima	0.0057

Soit environ de 16 p. 100.

Les cellules épidermiques sont fortement bombées en dehors, limitées par des parois ondulées si robustes que l'affaissement me paraît être borné à un gauchissement de la calotte terminale.

Il était donc nécessaire de faire l'expérience directe par la méthode des coupes observées sous l'huile.

Une pinnule détachée et abandonnée à l'air libre pendant deux heures et demie m'a montré l'épiderme dans un état absolument normal. Le lendemain, c'est-à-dire au bout de quatorze heures, la pinnule était fanée et les cellules épidermiques avaient pris une forme pointue résultant évidemment du gauchissement de la paroi externe tel que je l'ai observé autrefois sur une feuille de *Dahlia* préalablement argentée.

L'ASSIMILATION DE L'AZOTE

AU CONGRÈS DE BERLIN DE 1886

PAR

E. KAYSER

LICENCIÉ ÈS-SCIENCES PHYSIQUES

Lors du dernier Congrès des naturalistes allemands tenu à Berlin du 18 au 24 septembre 1886, nous avons eu l'occasion d'assister aux séances de la section de chimie agricole.

On y a discuté, entre autres questions, celle de l'assimilation de l'azote par les plantes; nous avons jugé utile de faire un court résumé des opinions émises par M. le professeur Hellriegel, directeur de la station agronomique de Bernbourg (Anhalt), par M. le professeur Wolff (de Hohenheim) et par M. le Dr Gilbert (de Rothamsted).

M. le professeur Hellriegel recherche quelles sont les sources auxquelles les plantes peuvent puiser l'azote qui leur est nécessaire.

Il trouve que, pour des plantes, appartenant à diverses espèces, ces sources sont différentes : les graminées doivent se contenter des nitrates qu'elles trouvent dans le sol; c'est là la seule forme sous laquelle elles peuvent s'assimiler de l'azote directement, et la matière sèche récoltée est en rapport direct avec l'azote nitrique fourni; ceci résulte d'essais exécutés dans des pots renfermant du sable calciné et imbibé d'une solution nutritive convenable; le professeur pré-

sente de nombreux chiffres, parmi lesquels nous relevons pour l'orge que 0gr,056 d'azote nitrique ont donné 5gr,3 - 5gr,7 de matière sèche :

0gr,112	9.0 — 12.6
0gr,224....................................	18.4 — 23.5

ou en moyenne une partie d'azote nitrique a donné lieu à une augmentation de 1,9 partie de matière sèche.

Les autres sources d'azote ont fait sentir leurs effets ou beaucoup plus tard ou point du tout ; de plus les récoltes ainsi obtenues étaient beaucoup moins constantes que les précédentes, de sorte qu'il est permis d'admettre que l'azote n'avait été assimilé qu'après une transformation préalable en acide nitrique.

Le professeur Hellriegel a constaté des résultats analogues pour les Crucifères, les Chenopodées et les Polygonées, en expérimentant sur la moutarde blanche, la navette, la betterave sucrière et le sarrasin commun.

Il en est tout à fait autrement des Papilionacées ; ces dernières ne disposent pas seulement de l'azote du sol, mais en outre de l'azote atmosphérique ; ce dernier peut même à lui seul suffire à leur donner, non seulement une croissance normale mais encore florissante.

Les faibles quantités d'azote combiné qui se trouvent dans l'air ne sont certes pas suffisantes ; l'azote libre entre également en jeu. Ce qui semble confirmer cette manière de voir du professeur Hellriegel, c'est qu'il résulte de ses nombreuses cultures dans le sable que les pois, par exemple, poussent tout d'abord très peu, tout à fait comme l'orge cultivée sans engrais azoté ; ils semblent languir pendant une dizaine de jours, puis ils reprennent vigoureusement ; d'autre part des plantes se trouvant dans le même pot se développeut parfois très inégalement.

Des pois poussés dans un sol complètement libre d'azote ont donné des récoltes de 33 grammes de matière sèche, pendant que l'orge avec le maximum de nitrates qu'elle a pu supporter n'a donné que 23gr,5 de matière sèche ; on sait qu'une trop forte quantité d'engrais azoté produirait un effet fâcheux et ferait dépérir les plantes.

Le professeur Hellriegel a trouvé une sorte d'explication du fait, si souvent contesté, de l'intervention de l'azote libre dans la végétation ; c'est que partout où les plantes se sont normalement développées, on peut constater aux racines et aux radicelles la présence

de nodosités. (Le professeur montre ici des exemples frappants : des pois dont la végétation a été luxuriante avec quantité de nodosités, d'autres restés tout à fait chétifs avec peu ou point de nodosités.) Il existe donc une corrélation étroite entre la quantité de nodosités et l'activité de la végétation. C'est seulement lorsque, après cet état languissant passager, les pois reprennent leur végétation, qu'on peut voir et trouver les nodosités dont le nombre augmente peu à peu.

Le professeur Hellriegel, après avoir laissé pousser quatre pois dans des pots jusqu'au moment où ils reprenaient une végétation vigoureuse et où l'on pouvait constater sur leurs racines la présence de ces nodosités, les a transplantés dans quatre cloches, groupées de telle façon que le premier pois seul communiquait à l'air libre ; le second pois, se trouvant dans la deuxième cloche, ne communiquait avec l'air du premier que par un tube forçant l'air à passer préalablement à travers une couche d'acide sulfurique destiné à retenir toute trace d'ammoniaque, et ainsi de suite, de sorte que le dernier pois n'avait à sa disposition que l'azote libre laissé par les trois premiers; or, tous les quatre pois sont arrivés à maturité : un accident survenu a malheureusement empêché de peser la matière sèche obtenue.

Cette expérience semble donc montrer également que le gain d'azote n'est pas dû à l'assimilation de l'azote combiné, et il ne reste que l'azote libre à la disposition des légumineuses. Mais comment se fait cette assimilation ?

Sont-ce des êtres microscopiques qui peuvent produire dans le sol des combinaisons azotées assimilables par les plantes? Mais comment expliquer alors que, dans le même pot, l'une des plantes se développe souvent fort bien, tandis que l'autre s'arrête au contraire après quelque temps.

Est-ce que ces nodosités constituent un intermédiaire nécessaire à l'assimilation de l'azote privé, ou est-ce que grâce à elles et peut-être aux êtres dont elles peuvent être le siège ou la cause, des composés insolubles peuvent devenir assimilables?

La formation de ces nodosités peut être produite, et le développement des Papilionacées, dans un sol privé d'azote combiné, favorisé en ajoutant une faible quantité d'extrait de sol naturel; elle est retardée au contraire si on se débarasse de ces êtres microscopiques.

Il est un fait remarquable, c'est que, suivant l'espèce de Papilio-

nacées, tel ou tel extrait de sol agit plus activement, en donnant naissance à ces nodosités.

On sait que les nitrates sont également assimilés par les Papilionacées, mais il reste douteux qu'ils soient seuls aptes à porter à un développement normal la famille végétale en question.

Les expériences du professeur Hellriegel ont montré que les pois et mieux encore les lupins, en présence d'une solution nutritive convenable, ne poussent bien dans du sable calciné qu'après addition d'une faible quantité d'extrait de sol; c'est alors qu'on peut constater la présence de nodosités et un développement florissant.

Le professeur Hellriegel conclut en disant que, pour lui, l'existence de plantes capables d'accumuler de l'azote est hors de doute.

Les professeurs Wolff et Gilbert confirment par leurs expériences les résultats obtenus par le professeur Hellriegel.

Les expériences du professeur Wolff ont eu lieu dans du sable, pendant les années 1884-86; le professeur opérait avec des caisses de différents matériaux en bois, en zinc et en ciment et de grandeur différente remplies de 8, de 24 ou 210 kilogrammes de sable de rivière; pour les petites caisses ne contenant que 8 et 24 kilos, on avait enlevé par décantation les parties les plus fines.

Ces expériences[1] ont prouvé que l'avoine a très bien profité de l'engrais azoté, mais, que par contre, pour les pois, les fèves, les pommes de terre et le trèfle on n'a pas constaté d'effet sensible par rapport aux plantes qui n'en avaient pas reçu.

Au contraire un engrais complexe renfermant de l'acide phosphorique, de la potasse, de la chaux et de la magnésie, mais pas de trace d'azote n'a produit aucun effet sur l'avoine; par contre son influence sur les Papilionacées a été tout à fait vigoureux.

Le professeur Wolff conclut que l'emploi des engrais azotés est très rémunérateur pour les céréales, mais qu'ils ne sont nullement nécessaires au développement des Papilionacées; il ne veut pourtant pas faire croire par là qu'il n'en faudrait donner dans aucun cas; l'engrais azoté en faible quantité semble rendre les Papilionacées plus facilement et plus vite aptes à s'assimiler l'azote néces-

1. Voici pour une série d'expériences, la récolte totale (grains et paille) exprimée en grammes de matière sèche à l'air :

	Pois.	Trèfle.	Avoine.	Pommes de terre.
Sans engrais	85.27	58.92	22.68	882
Solution nutritive sans azote	371.93	129.16	23.37	947
Solution nutritive avec azote	362.05	115.17	213.60	1475

saire provenant d'autres sources ; en d'autres termes, nous voyons que ceci revient à dire, en se basant sur les faits présentés par le professeur Hellriegel : Faire passer aux papilionacées rapidement la période transitoire jusqu'à la formation des nodosités dont la présence semble être une condition *sine qua non* de la vie et de la végétation ultérieures[1].

Après les deux précédents orateurs, le D[r] Gilbert (de Rothamsted) a pris la parole. Il a d'abord rappelé qu'il résulte de ses expériences que le sol renferme en général beaucoup moins d'acide nitrique après la récolte qu'avant, et cette diminution a été constatée jusqu'à une profondeur relativement grande, aussi bien pour les légumineuses que pour les graminées et d'autres plantes ; les légumineuses à racines profondes semblent enlever beaucoup plus d'acide nitrique que celles dont les racines s'étendent plutôt superficiellement. L'orateur cite à l'appui de l'opinion qu'il vient d'émettre des chiffres se rapportant au trèfle blanc et à la luzerne.

Comme cependant, à la suite de certaines récoltes le sol a été trouvé plus riche qu'au début, le D[r] Gilbert a voulu savoir si ces plantes sont capables de s'assimiler l'azote organique du sous-sol? Cet excès d'azote ne peut provenir que de l'atmosphère ou du sous-sol ; quant au sous-sol, l'orateur rappelle qu'il est avéré que les plantes à chlorophylle sont capables d'assimiler des substances organiques azotées solubles, mais que ceci reste à prouver pour l'assimilation des mêmes matières insolubles.

Le D[r] Gilbert résume son opinion en disant qu'il reste encore à démontrer que l'azote libre du sol peut être assimilé grâce aux organismes microscopiques, ainsi que le suppose M. Berthelot ; il fait remarquer que jusqu'à une profondeur de 2 mètres 3/4 il existe 20000 livres d'azote par acre (soit 26-27000 kilos par hectare) sous la forme de composés insolubles dans le sol et dans le sous-sol ; si l'azote libre est assimilé par les plantes elles-mêmes, ainsi que n'a cessé depuis trente ans de l'affirmer M. Georges Ville, et s'il existe dans le sous-sol des composés azotés que les graminées ne peuvent pas utiliser, mais qui peuvent être rendus solubles grâce aux acides

1. Nous possédons donc dans ces plantes assimilatrices d'azote libre le moyen de nous créer des réserves d'azote qui, enfouies comme engrais vert, peuvent servir à la nutrition des plantes qui ne sont pas capables de s'assimiler l'azote atmosphérique directement.

émis par certaines racines, grâce à l'intervention de champignons ou encore par l'intermédiaire des nodosités qu'on trouve si fréquemment aux racines des légumineuses, la question de l'assimilation de l'azote par la végétation aura fait un pas important.

De même que naguère, les belles recherches de MM. Schlœsing et Müntz sur le ferment nitrique ont expliqué la formation des nitrates dans le sol, l'assimilation de l'azote, soit à l'état libre, soit à l'état de composé insoluble rendu soluble, serait, d'après les travaux que nous venons d'exposer, due encore à l'intervention des petits êtres microscopiques.

Il importe donc, avant tout, de porter son attention sur l'apparition, la formation et la disparition de ces nodosités ou petits tubercules aux racines des légumineuses, puisqu'ils semblent être en corrélation intime avec le développement de ces plantes, et peut-être aussi, avec la présence de microbes servant d'intermédiaires entre l'azote atmosphérique et la plante.

SUR L'ABSORPTION DE L'ACIDE CARBONIQUE PAR LES FEUILLES

PAR MM.

P.-P. DEHÉRAIN
Professeur au Muséum d'histoire naturelle

ET

MAQUENNE
Aide-naturaliste au Muséum d'histoire naturelle

Dans un précédent Mémoire[1] nous avons montré que les feuilles retiennent une partie de l'acide carbonique qu'elles produisent lorsqu'on les abandonne à l'obscurité dans une atmosphère limitée. Cette absorption, variable avec la richesse en acide carbonique de l'air dans lequel ont séjourné les feuilles, paraît suivre, dans une certaine mesure, les lois ordinaires de la solubilité des gaz : cette absorption doit donc être attribuée à l'existence, dans les tissus des plantes, d'une énorme quantité d'eau. Nous avons fait voir, en outre, par la comparaison des rapports $\frac{CO^2}{O}$ réels et apparents, que

1. *Ann. agron.*, tome XII, p. 145.

cette absorption correspond, dans le cas du fusain à 0°, à un coefficient de solubilité égal à 3 environ.

Théodore de Saussure, dans ses recherches sur la respiration végétale, est arrivé à des résultats analogues, et, parmi les plantes qui paraissent absorber le plus d'acide carbonique, il signale particulièrement le Cactus Opuntia, qui peut en retenir une fois un quart son volume, lorsqu'on le laisse séjourner dans de l'air commun à l'obscurité. Ce nombre suppose un coefficient de solubilité au moins égal à 7, car, l'air contenant encore de l'oxygène à la fin de l'expérience, ne pouvait renfermer plus de 20 p. 100 d'acide carbonique; c'est un chiffre encore bien supérieur au nôtre, et qui dépasse de beaucoup le coefficient de solubilité de l'acide carbonique dans l'eau.

On peut expliquer cette différence en admettant que l'acide carbonique est plus soluble dans le suc cellulaire que dans l'eau, ou bien qu'une partie de ce gaz entre en combinaison avec quelque principe immédiat de la plante, ou enfin, si l'on tient compte de la rapidité avec laquelle ce gaz se produit dans la respiration, rapidité qui peut-être dépasse sa vitesse de diffusion dans l'air, en supposant que les liquides qui gorgent la feuille sont sursaturés d'acide carbonique.

La sursaturation, en facilitant le départ des gaz dissous, déterminerait bientôt un état d'équilibre entre la vitesse de diffusion de l'acide carbonique et sa vitesse de production, et, dans cette hypothèse, c'est sur cet équilibre que seraient basés les échanges qui s'établissent entre l'atmosphère de la feuille et l'atmosphère ambiante.

Nous trouvons une sorte de vérification de cette dernière manière de voir dans les expériences de Théodore de Saussure : ayant placé dans l'air pur une feuille de Cactus qui avait séjourné en vase clos pendant plusieurs heures, et qui, par conséquent, était sursaturée d'acide carbonique, il a vu le volume du gaz augmenter peu à peu; tandis qu'il diminue, au contraire, par suite d'une absorption d'oxygène qui n'est pas compensée par un dégagement égal d'acide carbonique, si la feuille est restée à l'air libre jusqu'au moment de l'expérience. Théodore de Saussure n'hésite pas à voir dans la dissolution de l'acide carbonique la cause de ces phénomènes, mais il n'a pas songé à faire l'expérience directe, et à montrer que l'acide carbonique est réellement absorbé par les feuilles quand on les plonge dans une atmosphère de ce gaz. Il

nous a semblé que cette recherche pouvait présenter quelque importance, d'abord en ce qu'elle nous permettra de choisir entre les diverses hypothèses précédentes, ensuite parce qu'elle est en rapport étroit avec la nutrition végétale, qui s'effectue, comme on le sait, aux dépens de l'acide carbonique aérien.

L'appareil qui nous a servi est une sorte de voluménomètre dont les deux branches, de 2^{cq} de section et 0^{m},70 de longueur environ, sont divisées en millimètres dans toute leur étendue; on les maintient dans un bain d'eau qu'un courant d'air agite continuellement; par leur partie inférieure elles communiquent l'une et l'autre, à l'aide d'un long tube en caoutchouc, avec un réservoir à mercure que l'on peut déplacer verticalement sur un support analogue à celui de l'eudiomètre Schlœsing.

L'un des tubes du voluménomètre reste ouvert à sa partie supérieure, l'autre se termine par un tube en croix dont chaque branche porte un bon robinet. L'une de ces branches est reliée à demeure avec la trompe à mercure, une autre sert à introduire dans l'appareil les gaz à étudier, enfin la troisième peut être mise en communication avec le récipient dont on se propose de mesurer le volume.

On a jaugé avec soin, à l'avance, le tube qui sert de mesureur, et on a pu ainsi dresser une table qui donne, à quelques centièmes de centimètre cube près, le volume compris entre le robinet du haut et un point quelconque de la graduation, à une température voisine de 20 degrés.

On a vérifié le jaugeage du tube en appliquant cet appareil à la détermination de quelques densités. Nous rapporterons ici deux essais, effectués sur le soufre octaédrique et le plomb.

1° *Densité du soufre octaédrique.* — Le soufre, pesé à l'avance, était placé dans un tube de verre, maintenu à température constante, et mastiqué à la cire sur l'une des branches du voluménomètre.

On commençait par enfermer dans le tube mesureur un volume connu d'air, puis on faisait le vide dans le tube à soufre, et, établissant la communication entre ce dernier et le voluménomètre, on déterminait le volume de l'espace non occupé par le soufre. On enlevait alors celui-ci et on recommençait la même opération; on avait ainsi par différence le volume du soufre, et par conséquent, en négligeant les corrections de température, sa densité.

1° *Tube renfermant le soufre :*

Température 13°9. Poids du soufre 27gr,249

	cc.
Volume de l'air enferme dans le voluménomètre..............	69.08
Volume de l'air restant après passage.........................	29.95
Différence..............	39.13

2° *Tube vide :*

	cc.
Volume de l'air contenu dans le voluménomètre...............	71.95
Après passage..	19.54
Différence..............	52.41

Volume du soufre........ 52.41 — 39.13 = 13.28 cc.

Densité 2.05.

On a opéré exactement de la même manière dans l'expérience qui suit :

2° *Densité du plomb :*

Température 14°1. Poids du métal 181gr,7.

1° *Tube plein de plomb :*

	cc.
Volume de l'air avant passage................................	62.81
— — après passage................................	26.31
Différence..............	36.50

2° *Tube vide :*

Volume de l'air avant passage................................	63.91
— — après passage................................	11.32
Différence..............	52.59

Volume du plomb...... 52.59 — 36.50 = 16.09.

Densité 11,29.

Les nombres ainsi obtenus sont approchés à moins d'une unité du troisième ordre, nous en concluons que notre appareil est suffisamment bien établi pour que les résultats qui suivent soient considérés comme exacts.

Pour déterminer le coefficient d'absorption de l'acide carbonique par les feuilles, on enfermait celles-ci, après les avoir pesées, dans le tube où nous avions précédemment placé le soufre ou le plomb; un bain plein d'eau continuellement agitée maintenait le tube, et par conséquent les feuilles, à une température qui, dans la plupart des cas, était différente de celle du voluménomètre. On mesurait dans ce dernier un volume quelconque d'air, saturé de vapeur d'eau, on faisait le vide dans le tube à feuilles à l'aide de la

trompe, puis on interrompait la communication avec celle-ci, et, en ouvrant le robinet du voluménomètre, on laissait l'air qu'il renfermait se répandre dans le tube vide. On ramenait le gaz à la pression atmosphérique en élevant le réservoir à mercure jusqu'à ce que le niveau de ce liquide fût le même dans les deux tubes du voluménomètre, et on procédait à la lecture : on avait ainsi, par différence, le volume de l'atmosphère environnant les feuilles. On recommençait alors la même série d'opérations avec de l'acide carbonique, dans les mêmes conditions de température et de pression. Dans tous les cas, le volume de ce gaz qui pénètre dans le tube à feuilles est supérieur à celui que l'on trouve pour l'air, et il l'est d'une quantité exactement proportionnelle au poids des feuilles employées; il est évident que la différence entre ces deux nombres mesure, à la température du voluménomètre, le volume de l'acide carbonique absorbé par les feuilles, et, si on néglige la petite quantité d'air que les tissus végétaux peuvent dissoudre, il suffit de ramener par le calcul les volumes gazeux à ce qu'ils seraient à 0 degré et à la pression 760 pour en déduire immédiatement le coefficient d'absorption cherché.

Nous nous sommes assurés que la solubilité de l'air dans l'eau des feuilles est réellement très faible en la comparant à celle de l'hydrogène qui est, comme on le sait, le moins soluble de tous les gaz. L'expérience qui suit a porté sur 10 grammes de feuilles de lilas; on a fait successivement quatre observations croisées.

	Air. cc.	Hydrogène. cc.	Air. cc.	Hydrogène. cc.
Volumes des gaz entrés dans le tube.	43.58	43.50	43.62	43.56
Moyenne pour l'air.................		43.60		
Moyenne pour l'hydrogène...........		43.53		

La différence $0^{cc},07$, trouvée en faveur de l'air, semble montrer que celui-ci est un peu plus soluble que l'hydrogène dans le suc des feuilles, ce qui devait être, mais cette différence est de l'ordre des erreurs d'expérience, et nous avons admis que la solubilité de l'air, et par conséquent la solubilité de l'oxygène et de l'azote, est négligeable vis-à-vis de celle de l'acide carbonique.

Pour les feuilles à parenchyme mince, comme celles du trèfle ou du lilas, l'absorption de l'acide carbonique est extrêmement rapide, et, lorsqu'on ramène le gaz à la pression atmosphérique, le tube à feuilles étant en relation avec le voluménomètre, le niveau

du mercure reste absolument fixe pendant trois ou quatre minutes, après quoi il commence à s'abaisser, lentement et régulièrement, par suite du dégagement gazeux que produit la respiration intracellulaire. Avec ces feuilles, l'expérience peut donc être faite très rapidement.

Pour les feuilles épaisses, et surtout aux températures voisines de zéro, l'absorption n'est plus instantanée et on peut voir pendant quelques minutes le mercure s'élever dans le tube du volumétromètre avant d'atteindre une position fixe. Ce phénomène, qui est déjà sensible avec les feuilles de Fusain, s'oppose évidemment à toute mesure exacte pour des espèces plus charnues : aussi nos expériences n'ont-elles porté que sur des feuilles assez minces pour que l'absorption soit aussi rapide que les lectures; dans ces conditions, la respiration intracellulaire devient négligeable, et on peut admettre que l'acide carbonique que renferment les feuilles à la fin de chaque expérience provient exclusivement de l'atmosphère où elles sont plongées.

Nous avons déjà dit, en décrivant notre appareil, que le tube à feuilles était maintenu à température constante par un bain d'eau; pour obtenir la température de 0° on projetait dans ce bain de l'azotate d'ammoniaque, par petites portions, jusqu'à ce que le thermomètre marquât — 1°, puis on laissait peu à peu l'appareil s'échauffer, et on faisait la lecture au moment même où la température était remontée à zéro. Malgré tous les soins qu'on a apportés à cette série d'expériences, il est toujours resté une petite indécision dans les nombres observés, ce qui explique peut-être pourquoi nous avons trouvé à zéro des coefficients inférieurs à la solubilité de l'acide carbonique dans l'eau. Aux températures voisines de celle de l'air ambiant l'expérience comporte, au contraire, une grande précision.

Nous donnerons ici, comme exemples, quelques-unes de nos expériences relatives aux vieilles feuilles de Fusain.

EXPÉRIENCE I (8 mai 1886). — 10 GRAMMES DE FEUILLES.

Température des feuilles, 0°; température du mesureur, 21°.

Pression barométrique, 762 millimètres.

	cc.
Volume de l'air entré dans le tube à feuilles	47.69
Volume de l'acide carbonique	59.58
CO^2 absorbé	11.89

Coefficient d'absorption pour 1 gramme de feuilles : 1,08.

EXPÉRIENCE II (2 mai 1886). — 10 GRAMMES DE FEUILLES.

Température des feuilles, 5°; température du mesureur, 17°; baromètre 768

	cc.
Volume de l'acide carbonique entré............................	56.11
— de l'air..	45.88
CO^2 absorbé...........	10.23

Coefficient d'absorption..................... 0.95.

EXPÉRIENCE III (2 mai 1886). — 10 GRAMMES DE FEUILLES.

Température des feuilles 5°; température du mesureur, 18°; baromètre 768.

	cc.
Volume de l'acide carbonique entré..........................	56.25
— de l'air..	46.12
CO^2 absorbé...........	10.13

Coefficient d'absorption.................... 0.94

EXPÉRIENCE IV (8 mai 1886). — 10 GRAMMES DE FEUILLES.

Température des feuilles, 10°; température du mesureur, 19°; baromètre 762,9.

	cc.
Volume de l'acide carbonique entré.........	53.93
— de l'air..	45.25
CO^2 absorbé..........	8.68

Coefficient d'absorption.................... 0.80

EXPÉRIENCE V (8 mai 1886). — 10 GRAMMES DE FEUILLES.

Température des feuilles, 10°; température du mesureur, 21°; baromètre, 762.2.

	cc.
Volume de l'acide carbonique entré..........................	54.76
— de l'air..	45.70
CO^2 absorbé...........	9.06

Coefficient d'absorption..................... 0.82.

En rassemblant tous nos résultats, nous arrivons aux nombres qui suivent, tous ramenés par le calcul à 0° et 760 millimètres.

Coefficient d'absorption de l'acide carbonique par 1 gramme de feuilles.

Températures.	Fusain vieux.	Lilas.	Fusain jeune.	Laurier.	Trèfle.
0°.........	1.08	1.23	1.29	1.35	1.40
5°.........	0.95	1.13	1.13	1.16	1.23
10°........	0.81	0.98	0.98	1.01	1.07
15°........	0.70	0.87	0.89	0.88	0.94
20°........	0.61	0.75	0.75	0.77	0.82

Sauf pour la température de 0° toutes ces expériences ont été exécutées en double, et les résultats ont toujours été concordants; ils nous paraissent donc inspirer toute confiance, et cependant on voit que, d'une plante à l'autre, les coefficients d'absorption varient dans une proportion très notable. Nous avons reconnu que cette variation est intimement liée à la quantité d'eau que renferment les feuilles, conformément à notre hypothèse que l'absorption de l'acide carbonique par les feuilles est une véritable dissolution de ce gaz dans l'eau de leurs tissus. Nous avons, en effet, trouvé dans chacune des espèces étudiées les proportions d'eau qui suivent :

Fusain vieux.	Lilas.	Fusain jeune.	Laurier.	Trèfle.
66.3	74.4	75.4	76.4	77.7

Le tableau précédent montre en outre que le coefficient d'absorption diminue à mesure que la température s'élève, mais, dans tous les cas, ce nombre reste inférieur au coefficient de solubilité de l'acide carbonique dans l'eau. Il nous était facile, à l'aide des données précédentes, de calculer sa valeur pour l'eau contenue dans les feuilles. Nous sommes ainsi arrivés aux résultats suivants:

Température.	Fusain vieux.	Lilas.	Fusain jeune.	Laurier.	Trèfle.	Eau pure.
0°........	1.63	1.70	1.75	1.74	1.81	1.80
5°........	1.42	1.50	1.48	1.54	1.58	1.45
10°.......	1.22	1.31	1.30	1.31	1.37	1.19
15°.......	1.08	1.17	1.15	1.16	1.20	1.00
20°.......	0.91	1.01	1.00	1.01	1.07	0.90

Ces nombres paraissent encore varier avec les espèces, et dans le même sens que précédemment, mais ils sont beaucoup plus voisins du coefficient d'absorption de l'acide carbonique par l'eau, et, en général, supérieurs à celui-ci. Seul, le vieux Fusain donne des résultats identiques à l'eau pure, si l'on excepte toutefois le chiffre obtenu à zéro, mais nous avons fait observer qu'à cette température l'expérience est un peu indécise. Ce fait nous paraît de nature à écarter l'hypothèse que l'acide carbonique se combine dans les plantes à quelque matière minérale, carbonate neutre ou autre, car, dans ce cas, les vieilles feuilles, qui laissent plus de cendres que les jeunes, devraient nécessairement absorber davantage. Au contraire, ce sont les feuilles les plus chargées d'eau, et dont la végétation est plus active, qui absorbent le mieux.

En résumé, ces expériences confirment absolument les conclusions auxquelles nous sommes arrivés à la suite de nos recherches sur la respiration végétale : elles démontrent que l'absorption de l'acide carbonique par les tissus végétaux est un véritable phénomène de dissolution, qui varie avec la température comme l'absorption d'un gaz par un dissolvant inerte, et qui, par conséquent, doit donner lieu, quand la feuille respire dans une atmosphère confinée à pression constante, à une sursaturation comparable à celle d'une masse d'eau dans laquelle on aurait introduit simultanément du carbonate de chaux et de l'acide chlorhydrique.

Cette absorption de l'acide carbonique par les feuilles est extrêmement rapide, du moins quand les feuilles sont sous vide, à cause de l'énorme surface qu'elles présentent, tant à l'extérieur, qu'à l'intérieur de leurs lacunes : ce fait permet de comprendre comment ces organes peuvent, rapidement, puiser dans l'atmosphère la quantité d'acide carbonique dont elles ont besoin pour constituer leurs tissus.

REVUE DES TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

Physiologie végétale.

Quelques lois de la physiologie végétale, par M. TSCHAPLOWITZ[1]. — On s'accorde généralement à dire que l'accroissement est l'augmentation de volume de la plante ou d'un organe, indépendamment de tout changement de poids ou de forme. Mais il est à peine possible de concevoir chez une plante l'augmentation de volume sans changement de forme. Or tout ce qui détermine les changements de forme, élongation, éclosion des bourgeons et des fleurs, etc., dépend essentiellement de l'abondance plus ou moins grande des matériaux de construction dans le corps du végétal ; il est donc clair que le poids sec peut servir jusqu'à un certain point de guide pour l'évaluation de l'accroissement.

Ceci étant admis, l'auteur résume de la manière suivante les résultats de son travail.

1° On appelle facteurs de l'accroissement les forces et les matières extérieures qui agissent sur la plante en voie d'accroissement d'une manière continue, temporaire ou périodique, telles que la lumière, la chaleur, l'électricité et le magnétisme, la force moléculaire, les matières nourricières du sol, l'eau, l'acide carbonique de l'air, l'état hygrométrique, les mouvements et la pression de l'atmosphère, les matières contenues dans la graine et dans les plantes

1. *Chemisches Centralbl.*, 1886, n° 1. — *Botanisches Centralbl.*, t. XXVI, p. 397.

et leurs propriétés, puis leur état de cohésion, leur densité, la constitution du sol, etc.

2° Tous les facteurs sont de même valeur; aucun ne doit manquer et aucun ne peut être remplacé par un autre.

3° En dedans de certaines limites, l'accroissement dépend de la grandeur, respectivement de la quantité et de la durée de l'action des facteurs.

Nous savons, par exemple, qu'en Russie, en Suède, en Allemagne, le blé parcourt sa végétation et mûrit ses fruits plus rapidement que dans les contrées plus méridionales : mais en revanche le produit (matière sèche, performance de la plante), est moindre et correspond à l'intensité moindre de la chaleur, à la valeur moindre de la semence, etc., que l'excès de lumière et d'eau ne parvient pas à remplacer. D'un autre côté, dans le Midi, un autre facteur, l'humidité de l'air, reste trop longtemps à son minimum. Dans aucun cas il n'est permis de dire que la durée de l'éclairage dans le Nord peut suppléer au manque de chaleur.

4° L'intensité et la durée de l'action des différents facteurs doivent être dans un certain rapport numérique. L'augmentation ou la diminution de l'un d'eux exige l'augmentation ou la diminution de tous les autres.

5° Lorsque le rapport n'est pas normal, l'accroissement dépend du facteur dont l'action est *minima*, l'action des autres se règle sur celle-ci.

6° Cependant la plante peut dénoter une certaine plasticité, dans des conditions anormales elle peut se développer sans traduire par ses formes l'influence du minimum d'un des facteurs, mais dans ce cas elle présentera certaines particularités dans le développement de ses organes, particularités qui varient selon la nature de la cause qui les a produites (formation des variétés).

7° Lorsqu'une plante croît dans les conditions normales et qu'on note le poids sec à des intervalles assez rapprochés, pour traduire ensuite les accroissements du poids sec par une courbe, les ordonnées correspondant aux poids secs, les abscisses aux temps, on obtient une courbe dont la forme générale est celle d'une S. La courbe du pois et probablement d'un grand nombre d'autres plantes présente dans sa grande période deux crochets, dont le premier, une dépression, correspond à la floraison, et le second, une élévation, à la formation du fruit[1].

L'accroissement se décompose nécessairement en une multitude de phénomènes partiels qu'il ne sera possible de comprendre que lorsqu'ils auront été complètement élucidés au point de vue physique. L'énergie absorbée et l'énergie mise en liberté pendant ou après la vie de l'individu doivent être expérimentalement égales. De plus ces phénomènes doivent être intelligibles au point de vue chimique; et l'analyse quantitative seule fournit les moyens d'arriver à ce but.

Si on admet enfin avec M. Sachs que même la forme de la plante dépend en première ligne de sa constitution chimique, le besoin d'une statistique chimique complète de tous les organes de la plante ne s'en fera que plus vivement sentir.

1. Voir sur l'accroissement des plantes, à diverses époques de leur développement, le mémoire de MM. Dehérain et Breal (*Ann. agronom.*, t. VII, p. 161).

Contributions à l'histoire des périodes de repos chez les plantes, par M. (H. Müller Turgovie)[1]. — L'auteur, qui s'occupe depuis quelque temps de la métamorphose des principes immédiats dans la pomme de terre, profite des connaissances qu'il a acquises au cours de ses recherches pour étudier la période de repos de la pomme de terre. Son travail se divise naturellement en trois parties : 1° Métamorphose des principes immédiats pendant la maturation du tubercule ; 2° Phénomènes vitaux pendant la période de repos ; 3° Passage de la période de repos à la vie active et cause de la période de repos. A ces trois chapitres vient s'ajouter un quatrième qui traite de la période de repos chez les autres plantes.

I. — La métamorphose des principes immédiats pendant la maturation de la pomme de terre.

Tant que le tubercule tient encore à la plante mère, il respire plus énergiquement que lorsqu'il en est séparé. Cependant il ne faudrait pas croire que l'énergie de la respiration diminue brusquement au moment où on rompt la communication entre le tubercule et la plante; le ralentissement se produit au contraire insensiblement pendant plusieurs jours.

Le même fait peut être observé lorsque le pied mère dépérit ainsi que cela arrive normalement à la fin de la saison, mais dans ce cas le tubercule fraîchement détaché respire moins activement que celui qui vient d'être séparé d'une plante saine. Néanmoins pour l'un et l'autre tubercule la respiration graduellement déprimée s'arrête à un minimum semblable, minimum qui représente l'énergie respiratoire du tubercule à l'état de repos. M. Müller pense que ces phénomènes dépendent simplement des quantités de glucose disponible. Il est clair que le tubercule attaché à la plante reçoit de celle-ci des quantités notables de glucose; une grande partie de ce corps est transformée en amidon, mais il en reste une certaine quantité qui est employée à entretenir la respiration; après la rupture, cette quantité disponible s'épuise peu à peu. Lorsque la plante mère dépérit, il arrive naturellement moins de glucose au tubercule, de sorte que la respiration diminue déjà avant la séparation.

II. — Les phénomènes vitaux dans le tubercule à l'état de repos.

La respiration des tubercules à l'état de repos est assez active. A ce fait connu, l'auteur en ajoute deux autres, la formation continue de glucose aux dépens de l'amidon et inversement le dépôt continu d'amidon aux dépens de la glucose formée. Les principaux facteurs qui agissent sur l'énergie de la respiration sont la température et la quantité de glucose disponible. Si on compare entre elles les différentes quantités d'acide carbonique émis à diverses époques de la période de repos, on voit que la respiration est moins active au début de cette période qu'à la fin.

Un kilogramme de pommes de terre a dégagé, par exemple, en une heure, les quantités suivantes d'acide carbonique, en milligrammes :

1. *Beiträge zur Erklärung der Ruheperioden der Pflanzen*. — *Landwirthsch Jahrb.* t. XIV, p. 85. — *Wollny's Forschungen*, t. IX, p. 110.

Dates.	Température. 20°	10°	0°
23 août	6.5	—	2.0
5 décembre	9.2	4.2	2.3
10 janvier	10.0	4.5	2.5
11 février	11.0	—	—

Les deux expériences suivantes démontrent la formation de la glucose et do l'amidon. On a opéré chaque fois sur six tubercules qui avaient été conservés pendant un temps assez long à 0 degré. Chaque tubercule a été divisé longitudinalement en deux moitiés. Dans l'une d'elles on a dosé de suite l'amidon, le sucre réducteur, et le sucre de canne, tandis que l'autre a séjourné d'abord pendant plusieurs jours dans un appareil à respiration dont la température était maintenue entre 22° et 25°, pour être soumise ensuite aux mêmes déterminations chimiques.

Amidon avant et après le séjour dans un endroit chaud :

	Pour 100. Avant.	Après.
1re expérience	15.405	16.773
2e expérience	13.427	15.430

La formation du sucre et de l'amidon est plus lente à basse température qu'à température élevée ; mais celle du sucre est moins influencée que celle de l'amidon, c'est pour cette raison que de la glucose s'accumule dans les pommes de terre exposées au froid[1]. Deux fonctions physiologiques se disputent la glucose formée : la respiration et la formation de l'amidon. Or une pomme de terre séparée depuis longtemps de la plante mère perd peu à peu la faculté de fabriquer de l'amidon ; d'où il faut conclure que la respiration trouvera à sa disposition des quantités croissantes de glucose et augmentera par conséquent d'intensité.

La retransformation de la glucose en amidon, dont on n'avait pas soupçonné l'existence jusqu'à ce jour, paraît être d'une grande importance pour la conservation des matériaux de réserve accumulés dans le tubercule. Sans ce travail incessant de reconstitution, l'épuisement de la pomme de terre par suite de la respiration et de la croissance serait sans aucun doute beaucoup plus rapide.

III. — Le passage de la période de repos à la vie active et la cause de la période de repos.

On enseigne souvent que les bourgeons du tubercule fabriquent lentement des ferments qui s'accumulent peu à peu et devenus assez abondants réactivent les matériaux de réserve et les transforment en substances immédiatement utilisables. L'auteur n'admet pas cette hypothèse. Des expériences ont été faites pour savoir si la métamorphose des principes immédiats dans la pomme de terre dépend réellement des bourgeons. La pomme de terre a été partagée longitudinalement en deux moitiés, puis l'une des moitiés a été

1. A la fin de son travail, l'auteur signale également la présence du saccharose dans les pommes de terre sucrées.

privée de ses bourgeons ainsi que d'une portion du tissu sous-jacent. Quoique les expériences eussent été faites au début de la période de repos, et à 0 degré, il s'est formé des quantités notables de sucre aussi bien dans les parties intactes que dans celles qui avaient été privées des yeux. Il est donc prouvé que la formation du sucre ne dépend pas d'un ferment émanant des bourgeons, et en outre que la cause de la période de repos ne peut pas être celle qu'on soupçonnait; en effet, d'après l'hypothèse à laquelle nous faisons allusion, le tubercule bourré d'amidon ne pourrait commencer à faire du sucre qu'à un certain moment précis où les ferments fabriqués par les bourgeons se sont accumulés en quantité suffisante pour attaquer l'amidon : de là une période de repos. Mais l'expérience a montré au contraire, qu'au début même de cette période de repos il se forme des quantités notables de sucre; dès lors on ne comprendrait plus pourquoi les bourgeons ne se développent pas.

Les parties privées de bourgeons étaient plus riches en sucre que les autres (4,33 p. 100 contre 3,90 p. 100), ce que l'auteur cherche à expliquer par les nombreuses plaies; les tissus qui avoisinent les surfaces mises à nu renferment toujours un peu moins de sucre. Si l'on pouvait considérer les bourgeons comme une source de plus en plus abondante de ferments, il devrait se former également des quantités croissantes de sucre; en même temps il devrait apparaître plus de sucre à la fin de la période de repos qu'au commencement. L'expérience prouve au contraire qu'il ne se forme pas plus de sucre à la fin qu'au commencement; et cependant il est impossible de provoquer le développement des bourgeons au début tandis qu'ils poussent rapidement à la fin. Il y a donc désaccord complet entre le développement morphologique des bourgeons et la transformation de l'amidon en sucre.

Les idées généralement acceptées étant en contradiction avec les faits, l'auteur établit une nouvelle théorie de la période de repos, que nous allons tâcher de faire comprendre.

La cause de la période de repos doit être recherchée non dans le mode de végétation des bourgeons mais dans la métamorphose des principes immédiats du tubercule même. En dernière instance tout peut être ramené à l'activité plus ou moins grande des plastides amylogènes. L'activité de ces corpuscules vivants qui précipitent à l'état d'amidon le glucose qui parvient jusqu'à eux est maximum au début; elle diminue avec l'âge du tubercule au repos. Les bourgeons sont séparés du tissu amylacé par un coussinet d'un parenchyme privé d'amidon et de sucre. Toutes les cellules sont vivantes, respirent et par conséquent doivent recevoir de l'intérieur du tubercule au moins les petites quantités de sucre nécessaires à l'entretien d'une respiration très peu active. Elles sont affamées, si on peut s'exprimer ainsi. L'intérieur de la pomme de terre fabrique constamment du sucre qui devient aussitôt la proie de la respiration et des plastides amylogènes. L'excès de sucre, dans tous les cas très faible, ne pourrait arriver aux bourgeons qu'en traversant les coussinets de tissus affamés situés au-dessous; dans ces conditions extrêmement défavorables les bourgeons ne sauraient se développer, puisqu'ils manquent à la fois des matériaux et de la force vive nécessaires, la respiration étant réduite à un minimum.

A mesure que les cellules du tubercule vieillissent, les plastides amylogènes

deviennent moins actifs, l'excès du sucre formé sur celui qui est retransformé en amidon devient de plus en plus grand. Des pommes de terre conservées en cave à 10° et qui ne renfermaient d'abord pas de sucre, commencent à en renfermer de petites quantités. La respiration augmente peu à peu, il se forme de plus en plus de sucre, de moins en moins d'amidon et il vient un moment où tout le sucre n'est plus consommé par la respiration et par les plastides amylogènes. Dès lors les bourgeons en reçoivent des quantités croissantes et peuvent se développer. La période de repos est terminée.

IV. — La période du repos chez les autres plantes.

L'auteur étudie la période de repos des bourgeons des arbres et parvient à l'assimiler physiologiquement à celle de la pomme de terre. Quoique de l'amidon se dépose pendant l'été dans le tronc et dans les racines, les bourgeons parviennent à accaparer de petites quantités de glucose et s'accroissent peu à peu. Plus tard l'assimilation diminue, les feuilles tombent, l'afflux du sucre se ralentit, et lorsque tout le sucre est transformé en amidon, l'accroissement des bourgeons s'arrête complétement. Les cellules des tissus de réserve des rameaux et du tronc sont le siège de phénomènes comparables à ceux que nous avons décrits pour la pomme de terre. A la fin de l'hiver un petit excédent de glucose devient disponible, arrive aux bourgeons et leur permet d'entrer dans la vie active quoique la température soit souvent assez basse. Les bourgeons ne se développent pas en raison d'une force interne, par exemple en émettant un ferment, mais ils sont forcés d'attendre que la métamorphose accomplie dans les organes de réserve leur laisse un excédent de sucre.

Sur l'existence des éléments du sucre de lait dans les plantes, par M. A. MUNTZ[1]. — L'auteur recherche l'origine du sucre que renferme le lait; ce sucre est facile à dédoubler en glucose et en galactose, si la glucose est abondante dans une foule de produits végétaux, on ne voit plus aussi bien d'où provient la galactose, très différente de la glucose; en effet, la galactose donne par oxydation de l'acide mucique, la glucose de l'acide saccharique; la galactose par l'action de l'hydrogène naissant donne de la dulcite, la glucose de la mannite.

L'auteur remarquant qu'un grand nombre de produits végétaux donnent par oxydation de l'acide mucique a eu l'idée de rechercher s'il n'y avait pas d'analogie entre ces produits et la galactose; or, en examinant le sucre qu'on obtient en attaquant la gomme par l'acide sulfurique étendu, qui est désigné sous le nom d'arabinose, il a constaté entre ce sucre et la galactose une identité absolue; le pouvoir rotatoire 80° à droite est le même, le point de fusion 167° est également identique; M. Muntz se range donc à l'opinion émise par Killiani qui contrairement à Cleaston avait déjà annoncé l'identité de la galactose et de l'arabinose.

M. Muntz ajoute: « Toutes les gommes commerciales d'origines diverses ainsi que celles des arbres m'ont constamment donné, par leur dédoublement au moyen d'un acide, la galactose proprement dite identique avec celle du sucre de lait; il en a été de même des produits pectiques. Ces recherches montrent que les éléments du sucre de lait existent en abondance dans les plantes et

1. Comptes rendus, 15 mars 1886, t. CII, p. 624.

que les produits végétaux peuvent donner naissance à la galactose que renferme le lait.

Fertilité des rameaux pliés de haut en bas, par M. P. SORAUER[1]. — Lorsqu'on plie étroitement un rameau, l'écorce se plisse transversalement à la face inférieure concave et par endroits se détache du bois. Dans les petites lacunes ainsi formées se développe du parenchyme ligneux bourré d'amidon, ensuite de nouveau du bois normal, mais toujours plus épais en cet endroit que partout ailleurs. Malgré la forte tension, le bois est plus épais à la face supérieure convexe de l'endroit courbé qu'au-dessus et au-dessous. Les modifications anatomiques varient d'ailleurs quantitativement suivant le degré de la courbure, l'époque où elle a été faite, suivant la nature de l'arbre et même l'individualité du rameau.

L'amas de parenchyme ligneux ralentit le courant de l'eau vers le sommet au grand avantage de l'œil situé immédiatement au-dessous. Cette opération est donc un moyen très simple de modérer le rameau et de détourner le courant de la sève ascendante sur un bourgeon qui, par sa position, était peu disposé à se développer. On a souvent dit que les variétés d'un même arbre fruitier sont d'autant plus fertiles et d'autant moins sujettes à développer le bois d'une manière exagérée que les rameaux sont plus inclinés vers l'horizontale. L'expérience ne donne pas raison à eette opinion. Seule l'intervention brutale, l'obstacle introduit subitement dans le courant de la sève promettent le résultat désirable.

Les rameaux horizontaux du pommier sont plus riches en eau et en cendres que les rameaux verticaux du même âge.

Sur le prétendu amidon soluble, par M. J. KRAUS[2]. — MM. Sanio et Schenk ont trouvé dans l'épiderme de l'ornithogale et du *Gagea* un corps apparemment dissous dans le suc cellulaire et qui se colore en bleu par l'eau iodée[3]. M. Nægeli a montré que cette substance n'est pas de l'amidon, et croit devoir la considérer comme une matière albuminoïde. L'auteur de ce travail ayant rencontré le même corps dans l'épiderme de quelques *Arum*, croit devoir conclure, de ses recherches, qu'il doit être placé dans le voisinage des tannins. Le chloroiodure de zinc le colore en rose, de même que plusieurs tannins; le perchlorure et le sulfate de fer donnent une réaction vert brunâtre, tandis que la réaction du bichromate de potasse (précipité rouge brun) et celle de Gardiner (précipité jaune avec une solution concentrée de molybdate d'ammoniaque) ne donnent rien. D'un autre côté, la matière en question se comporte comme le tannin, en ce sens qu'elle naît à la lumière et qu'elle se conserve intacte dans les feuilles qui dépérissent et meurent. Lorsqu'on cultive des oignons d'ornithogale à l'obscurité, on ne trouve pas le prétendu amidon soluble dans l'épi-

1. Das Biegen der Zweige als Mittel zur Erhöhung der Fruchtbarkeit der Obstbæume. *Wollny's Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik*, VIII, pp. 235-243.

2. Notice extraite du *Botanische Mittheilungen*. — *Abhandl. d. Naturforsch., Gesellsch. zu Halle*, t. XVI, 1885. — *Bot. Centralbl.*, 1885, p. 133.

3. Nous nous souvenons avoir fait la même observation il y a une dizaine d'années sur l'épiderme d'une variété d'orge cultivée au Muséum. — J.-V.

derme des feuilles, mais il y apparaît constamment lorsque la culture est faite dans un endroit éclairé. La coloration en bleu d'un tannin par l'eau d'iode n'est plus aussi surprenante depuis que M. Giessmayer a démontré que la solution de tannin donne avec une faible solution d'iode, dans de l'eau légèrement alcalinisée, une réaction d'un rouge vif, et que M. Nasse a fait voir que les acides tannique, gallique et pyrogallique, mis en présence de sels neutres ou acides, se colorent en rouge pourpre sous l'influence de l'iode.

Agriculture.

Culture du blé à Capelle en 1885 *et* 1886, par M. F. Desprez. — L'auteur a consacré un domaine étendu à l'essai de diverses variétés de blé, les résultats obtenus méritent l'attention des cultivateurs, ils sont résumés dans le tableau suivant :

CULTURE DU BLÉ A CAPELLE

VARIÉTÉS SEMÉES.	SURFACE DU CHAMP.		RÉCOLTE A L'HECTARE.				POIDS de l'hectolitre.
			Grain.		Paille.		
	1885	1886	1885	1886	1885	1886	1886
	Hect.	Hect.	Q. m.	Q. m.	Q. m.	Q. m.	Kilos.
Jaune d'Australie	4.17	8.96	40.48	45.9	78.6	81.6	
Blanc de Flandre, d'Armentières, de Bergues.	15.25	11.3	33.08	24.0	74.5	64.7	
Blanc Hallelt-Victoria	8.27	7.27	27.9	23.0	65.5	66.3	
Blanc Chiddam à épi rouge.	15.28	8.80	29.9	31.5	62.8	67.7	79
Blanc velouté à épi roux.	2.2	2.13	39.2	36.0	67.3	71.4	78
Blanc rouge Lamed-Vilmorin	1.6	3.90	31.5	28.8	59.5	67.2	77
Goldendrof	1.41	1.95	30.6	28.4	62.7	86.2	
Blanc à épi carré. Sheriff-squaré, head français..	4.36	5.40	38.05	31.5	69.9	68.8	75
Roux à épi carré écossais.	4.50	4.27	38.06	49.7	52.8	58.9	77
Roux à épi carré allemand	4.5	4.27	37.9	42.8	51.2	70.7	
Roux à épi carré danois.	4.5	4.27	37.5	41.7	53.6	82.5	
Blanc velouté à épi carré d'origine anglaise	—	1.95	—	36.5	—	82.7	75
Chabb roux à épi roux.	—	1.33	—	28.8	—	71.6	
Moyenne	—	—	33.7	33.4	65.1	72.4	

On voit que sur des terres bien préparées et sur des surfaces étendues. M. Desprez a pu obtenir des chiffres qui, il y a quelques années, auraient paru fabuleux; en effet, en comptant en hectolitres on trouve en moyenne pour du blé pesant 75 kilogrammes près de 42 hectolitres.

On remarquera aussi combien sont grandes les différences que présentent les diverses espèces ; tandis que le blé blanc Chiddam reste à 27^{qm},9 en 1885 à 23 quintaux métriques en 1886 ; le roux à épi carré écossais donne 38 quintaux métriques en 1885 et 49 quintaux métriques en 1886 ; sur l'ensemble des cultures que nous avons faites M. Porion et moi à Wardrecques, nous arrivons pour cette même variété à des chiffres analogues à ceux que donne M. Desprez, bien qu'un peu plus faibles; c'est là une preuve convaincante que cette variété est particulièrement prolifique. P.-P. Dehérain.

Culture comparée du maïs, du sorgho et du moha de Hongrie, par M. TROSCHKE[1]. — En 1884 l'auteur avait cultivé le sorgho (*Sorghum saccharatum*) avec beaucoup de succès. Il résolut de comparer en 1885 cette même culture avec celle du maïs (variété américaine dent-de-cheval et variété badoise fourragère), du moha (*Panicum germanicum*) et du moha blanc d'Italie (*P. italicum*) dans des sols traités de la même manière.

Les semences ont été confiées au sol le 18 mai, mais vers le milieu de juin on fut obligé d'éclaircir les semis des trois premières espèces de manière à ne laisser que 20 pieds par mètre carré, à réduire celui du *Panicum germanicum* à 30, et celui du *Panicum italicum* à 33 pieds par mètre.

On a procédé à la récolte au commencement de la floraison, c'est-à-dire pour le maïs fourrage badois, le 5 août; pour le *Panicum germanicum*, le 18 août; pour le maïs dent-de-cheval, le 5 octobre; pour le sorgho sucré, le 5 octobre; pour le *Panicum italicum* (apparition de l'inflorescence), le 5 octobre.

En tirant les données numériques de cent plantes, la récolte a été, par mètre carré :

	MAIS BADOIS.	DENT DE CHEVAL.	SORGHO.	PANICUM GERMANICUM.	PANICUM ITALICUM.
Récolte totale..........	6760 gr.	9704 gr.	4500 gr.	3750 gr.	4488 gr.
Eau....................	84 p. 100	86 p. 100	86 p. 100	67 p. 100	75 p. 100
Matière sèche..........	1k,08	1k,08	1k,485	94 gr.	96 gr.

On voit que le sorgho a battu les deux variétés de maïs et que les deux moha sont bien en retard sur les autres, quoiqu'ils constituent encore des fourrages fort estimables.

Sur la valeur nutritive de quelques champignons comestibles, par M. C. TH. MÖRNER[2]. — On croit généralement que les champignons comestibles ont une grande valeur nutritive, et on se donne beaucoup de peine pour répandre la connaissance des espèces utiles et pour donner ainsi aux populations pauvres un aliment dont la valeur serait presque analogue à celle de la viande. En général les champignons renferment en effet une assez forte proportion d'azote, tandis que les matières grasses et les hydrates de carbone n'y jouent qu'un rôle secondaire. On sait aujourd'hui que, parmi les substances azotées, seules

1. *Vergleichende Anbauversuche mit Maïs, Sorgho und Mohar.* — *Wochenschrift der pommerschen ökonomischen Gesellesch*, 1886, p. 20. — *Centralbl. für Agriculturchemie*, 1886, p. 407.

2. *Beiträge zur Kenntniss des Nährwerthes einiger essbarer Pilze.* — *Botaniska Sekt. af. Naturvetenskapliga Studentsällbskapet i Upsala.* 13 avr. 1886. — *Bot. Centralbl.* XXVII, p. 130.

les matières albuminoïdes et leurs plus proches dérivés peuvent être considérés comme des aliments, tandis que les autres ne sont tout au plus que d'une utilité indirecte, et que même certaines matières protéiques, notamment celles du règne végétal, ne sont pas entièrement transformées en matières absorbables par le suc gastrique et le suc pancréatique.

Ces nouveaux principes ont été appliqués à un grand nombre d'aliments, mais les champignons n'ont pas encore été analysés à ce point de vue, si nous exceptons pourtant un travail de M. Böhmer, qui a trouvé que dans le champignon de couche, 71,4 p. 100 de l'azote total, et dans la truffe, 80,1 p. 100 appartiennent aux albuminoïdes.

L'auteur a étudié un certain nombre de champignons comestibles, séchés à l'air, à 30° et privés de de toutes les parties qu'on a l'habitude d'enlever avant de les apprêter, telles que les lamelles, les pointes, la couche corticale, la base du pied, etc. Il se sert du suc gastrique et de suc pancréatique pour faire des digestions artificielles.

Les espèces étudiées sont au au nombre de dix-sept, mais nous ne reproduirons ici que les chiffres relatifs à celles qu'on consomme ordinairement en France. Nous réunissons en un seul les deux tableaux de l'original qui expriment l'azote et les albuminoïdes p. 100 de matière sèche.

	AZOTE				ALBUMINOIDES		
	de l'albumine digestible.	de l'albumine indigestible.	des autres matières azotées.	TOTAL.	digestibles.	indigestibles.	TOTAL.
Agaricus campestris (chapeaux)................	3.64	1.17	2.49	7.38	22.3	7.4	29.7
Agaricus campestris (pieds).	2.88	1.09	1.98	6.02	18.0	6.8	24.8
Lactarius deliciosus.......	1.41	1.05	0.60	3.11	8.7	6.5	15.2
Cantharellus cibarius......	0.79	1.46	0.40	2.69	5.0	9.3	14.3
Boletus edulis............	2.10	0.65	1.14	3.87	12.2	4.0	17.2
Morchella esculenta.......	2.19	1.90	0.81	4.99	13.6	11.8	25.4
Lycoperdon bovista.......	3.13	2.70	2.40	8.19	19.2	16.7	35.9

Il résulte des analyses qu'en moyenne 41 p. 100 de l'azote des champigons sont utiles dans l'alimentation, tout le reste appartenant à des corps non assimilables.

On voit que l'agaric champêtre ou champignon de couche est à beaucoup près le plus avantageux, tandis que la chanterelle occupe le dernier rang parmi les espèces que nous avons tenu à mentionner. En voyant les chiffres élevés des albuminoïdes digestibles on pourrait croire que les champignons constituent un aliment excellent; mais il ne faut pas oublier que ces chiffres se rapportent à

la matière sèche et que les champignons renferment d'énormes proportions d'eau.

Voici du reste ce qui va nous édifier amplement :

Pour remplacer un œuf de poule il faudrait :

	Kilos
Agaric champêtre	0.28
Lactarius deliciosus	0.73
Chanterelle	1.30
Polyporus ovinus	2.05

Pour remplacer un kilogramme de viande de bœuf il faudrait :

	Kilos
Agaric champêtre	9.3
Morille	15.2
Lactarius deliciosus	24.2
Chanterelle	41.6
Polyporus ovinus	67.0

Si on voulait se nourrir exclusivement de champignons, il faudrait consommer par jour pour y trouver les 130 grammes d'albuminoïdes nécessaires :

	Kilos
Agaric champêtre	5.7
Bolet	9.9
Lactarius deliciosus	14.7
Chanterelle	26.3
Polyporus ovinus	41.6

Le Gérant : G. Masson.

Bourloton. — Imprimeries réunies, B, rue Mignon, 2.

ÉTUDE

SUR

LA DIVISION DE LA PROPRIÉTÉ EN ANGLETERRE

ET EN FRANCE

PAR

M. D. ZOLLA

Professeur d'économie rurale à l'école de Grandjouan

I

A côté de la crise douloureuse que subit l'industrie agricole en Angleterre, il existe une question agraire qui préoccupe vivement l'opinion publique, le gouvernement et les hommes éclairés de tous les partis.

Chez nos voisins d'outre-Manche, la terre est devenue le monopole de quelques hommes ou de quelques familles. De récentes enquêtes viennent de faire la lumière sur cette question en fournissant des détails précis et des renseignements statistiques certains, relativement à la division de la propriété foncière.

Sur 13 millions d'hectares qui constituent le territoire agricole de l'Angleterre et du pays de Galles, 600000 sont la propriété de 4217 personnes. Sur ce nombre, 400 familles, celles des lords siégeant à la Chambre haute, possèdent, à elles seules, 2 320 000 hectares, c'est-à-dire un sixième et même plus du sol cultivé. Au-dessous de ces fortunes territoriales gigantesques, nous trouvons environ 34 000 grands propriétaires, dont les biens n'ont pas moins de 500000 hectares de superficie ! La grande propriété concentrée entre les mains de 38 000 landlords, représente ainsi 84 p. 100 de la surface cultivée, tandis qu'il reste à peine quelques parcelles insignifiantes à répartir entre les 920 000 petits propriétaires et « cottagers » que la statistique est parvenue à dénombrer.

Ces chiffres peuvent paraître étranges, en France surtout où le sol est divisé entre tant de possesseurs ; mais on ne saurait en contester l'exactitude. Voici du reste le tableau qui les résume. Nous l'empruntons à un travail de M. Craigie, secrétaire de la Chambre centrale d'agriculture en Angleterre [1]. On trouvera à la suite,

1. Voir le *Farmer*, n° du 9 mars 1885, et l'étude de M. de Foville dans la première livraison du *Bulletin de l'Institut international de statistique*.

comme document complémentaire, le tableau tiré de l'enquête officielle de 1876. La division indiquée par M. Craigie n'est que la reproduction de ce dernier tableau sous une forme moins abstraite.

TABLEAU I. — ANGLETERRE (MOINS LONDRES) ET PAYS DE GALLES.

CLASSES DES PROPRIÉTAIRES.	NOMBRE des propriétaires.	ÉTENDUE des propriétés.	ÉTENDUE moyenne.	PROPORTION du sol cultivé.
		hectares.	hectares.	p. 100
Pairs (peers)........................	400	2.320.245	5.807	17
Très grands propriétaires (great landowners.....................	1.288	3.411.690	2.672	
Grands propriétaires (squires)......	2.529	1.749.195	692	
— — (greater yeomen).	9.585	1.937.115	202	
— — (lesser yeomen)..	24.415	1.678.320	69	
Total..............	38.214	11.126.665	»	84
Petits propriétaires (small proprietors)...........................	217.049	1.192.460	7.07	11
Cottagers (cottagers)...............	703.239	61.155	0.09	0.4
Etablissements publics (public bodies)..........................	14.459	584.820	40	
	973.011	13.305.000		

TABLEAU II. — ANGLETERRE (MOINS LONDRES) ET PAYS DE GALLES.

	NOMBRE DES PROPRIÉTAIRES.	CONTENANCES DES PROPRIÉTÉS. Hectares.
Moins de 0h,405......................	703.289	61.225
De 0h,405 à 4h,05......................	121.983	193.865
De 4h,05 à 20h,25......................	72.640	708.782
De 20h,25 à 40h,5......................	25.839	725.600
De 40h,5 à 20h,25......................	32.317	2765.076
De 402h,5 à 405 hectares................	4.799	1343.660
De 405 à 810 hectares................	2.719	1538.719
De 810 à 2925	1.815	2239.322
De 2025 à 4050 hectares................	581	1609.764
De 4050 à 8100 hectares................	223	1254.963
De 8100 à 20 350 hectares..............	66	776.416
De 20 250 à 40 500 hectares	3	78.950
40 500 hectares et plus	1	73.555
Superficies inconnus..................	6448	«
Revenus inconnus	113	577
Totaux	972.836	13.370.474

Pour mieux comprendre combien une pareille situation est

anormale et extraordinaire à nos yeux, il suffira de faire avec la France une comparaison qui est tout indiquée.

Arthur Young qui voyageait dans notre pays à la fin du siècle dernier, s'étonnait du nombre considérable des petits propriétaires; il allait jusqu'à dire *qu'un tiers* du sol cultivable leur appartenait. C'était sans doute une exagération, car M. Léonce de Lavergne, soixante ans plus tard, adoptait précisément cette proportion, et la division du sol s'est vraisemblablement accrue chez nous, depuis 1789. Il n'en est pas moins vrai que le morcellement du sol en France et le nombre considérable des propriétaires, étaient déjà avant la Révolution des faits caractéristiques qui ne pouvaient échapper à l'observateur le moins attentif.

Il en est encore de même aujourd'hui, et l'enquête officielle de 1884, qui nous fournit le classement des cotes foncières par catégories de contenances, donne les résultats suivants que nous groupons dans un tableau pour les rendre plus clairs.

DÉSIGNATION DES GROUPES.	CONTENANCES IMPOSABLES.	
	NOMBRE D'HECTARES.	PARTS PROPORTIONNELLES.
		p. 100
Cottages ou parcelles bâties (0 à 1 hect.)...	2.574.589	5.14
Très petite propriété (0 à 5 hect.).........	8.647.714	17.28
Petite propriété (5 à 10 hect.)..............	6.254.142	12.75
Moyenne propriété (10 à 50 hect.)........	14.496.260	29.57
Grande propriété (50 à 200 hect.)..........	9.398.057	19.04
Très grande propriété (plus de 200 hect.)...	8.017.542	16.22
Totaux...............	49.380.304	100.00

Ainsi en Angleterre la grande propriété dépassant 50 hectares représente 84 p. 100 du sol cultivé; en France elle n'occupe que 35 p. 100 du territoire. Un dixième du sol appartient seulement en Angleterre aux petits propriétaires; tandis qu'en France ils possèdent près du tiers de la surface totale!

A de pareilles différences dans la division et la constitution de la propriété chez les deux nations, doivent correspondre des différences

profondes dans la situation économique et sociale. Une des conséquences les plus importantes de la concentration excessive de la propriété se révèle dans la diminution graduelle depuis le XVI[e] siècle, du nombre des paysans propriétaires, en Angleterre. Ces *yeomen* ou propriétaires indépendants, qui composaient encore à la fin du XVII[e] siècle le septième de la population, ont disparu complètement, chassés et dépossédés par la grande propriété. Comment peut-on expliquer cet exode rigoureux de toute une classe énergique, travailleuse, indépendante, qui avait triomphé jusque-là dans sa lutte contre la féodalité, et avait su s'affranchir des liens du servage?

Un auteur anglais qui a étudié cette question tout particulièrement, M. Leslie, énumère ainsi les causes qui expliquent cet événement d'une portée économique et sociale considérable :

« 1° Usurpation de la part des seigneurs du droit d'usage des communaux qui permettait aux petits propriétaires d'entretenir leur bétail; 2° usurpation d'une partie de leurs terres par suite d'une série de procès et de chicanes dont l'irrégularité de leurs titres et les complications de la loi anglaise ne leur permettait pas de se tirer sans perte; 3° décadence ou ruine des bourgs de province, marchés indispensables pour les produits de la petite culture; 4° les majorats et les substitutions qui, agissant comme les mainmortes, engloutissaient sans cesse les petites propriétés et ne se subdivisaient jamais; 5° la concentration dans les mains des grands propriétaires des pouvoirs politiques, dont ils ont usé pour faire des lois favorables à leur ordre, fatales à l'indépendance des cultivateurs; 6° enfin la situation précaire des fermiers, qui ne peuvent jamais espérer d'acquérir la propriété du bien qu'ils exploitent. »

A une époque troublée, où la concurrence toujours plus ardente et plus active rend aussi plus difficiles que jamais les rapports entre l'entrepreneur et l'ouvrier, l'Angleterre ne possède plus, comme les autres États de l'Europe en général, comme la France en particulier, cette armée de propriétaires diligents, travailleurs obscurs et patients qui exercent leurs labeurs quotidiens sur un sol qui leur appartient. Entre le landlord et le fermier, il n'y a place désormais que pour l'ouvrier rural qu'aucun lien ne rattache au sol, et qui ne trouve plus dans son champ, dans la parcelle qui lui appartient, une excitation au travail et à l'épargne, une aide contre la misère aux

heures de crise. Il n'existe pas non plus de ces contrats si variables et si souples qui, sous le nom de métayage ou de colonage partiaire, solidarisent les intérêts du propriétaire et du travailleur agricole. On ne distingue plus que trois grandes catégories parmi ceux que leurs intérêts rattachent immédiatement au sol. Le propriétaire qui perçoit la rente, le fermier qui dirige la culture, le salarié qui fournit le travail. Il est malheureusement prouvé que la part faite à ce dernier est généralement insuffisante ; le paupérisme rural existe en Angleterre comme le paupérisme des villes, sans aucun des adoucissements que l'existence de la petite propriété peut apporter ailleurs pour diminuer les souffrances et calmer les irritations de la misère.

L'Angleterre est le seul pays de l'Europe où la propriété du sol soit enlevée à ceux qui le cultivent ; elle est la seule nation aussi chez laquelle une taxe officielle pour les pauvres, levée comme une rançon sur les revenus de la propriété foncière, vienne rappeler en même temps l'existence d'une misère sociale et la cause qui l'a fait naître.

Les conséquences de l'organisation encore féodale de la propriété se font sentir jusque dans le principe même du droit qui la justifie. Le fief concédé autrefois au vassal ne pouvait jamais devenir la propriété absolue de ce dernier. Il en résulte que tous les propriétaires anglais sont encore considérés aujourd'hui par la doctrine et la jurisprudence comme étant simplement des *tenanciers héréditaires de la Couronne.*

Le domaine *éminent* du sol appartient à cette dernière et la notion de propriété quiritaire ou absolue telle que nous le concevons en France n'existe pas en Angleterre. « La première chose que l'étudiant doit faire est de se débarrasser de toute idée de propriété absolue. Une pareille idée est complètement étrangère à la loi anglaise. Nul n'est en droit propriétaire absolu de terre. »

Voilà ce qu'on peut lire dans un traité classique de droit anglais[1] ! Ces idées sont au reste familiers à tous ceux qui ont suivi dans nos facultés un cours de droit international privé.

Il résulte de pareils principes, que la propriété est non pas un *droit* mais un *fait*, et que la loi capable non seulement de garantir la propriété mais de la créer, peut la modifier, la mutiler, la trans-

1. Williams. *On the law of real property.*

former au gré du législateur si l'intérêt public semble l'exiger. « Le fondement de la propriété foncière est politique non « éthique », disait un jurisconsulte anglais; l'utilité de la propriété, voilà sa raison d'être. »

Un des grands hommes d'État de l'Angleterre, M. Gladstone, faisait simplement l'application de ce principe quand il disait voici près de trente ans, à propos du bill agraire de l'Irlande. » La liberté des contrats (*fermages*) a été en Irlande un grand mal; mais même dans un état de la société que nous considérons comme sain et normal, il n'est pas possible de permettre une liberté complète des contrats. La législation anglaise est remplie de cas d'intervention de l'État dans ce domaine, et le Parlement se montre de plus en plus disposé à les multiplier. C'est ainsi que le rachat des terres en Irlande, la fixation arbitraire des fermages, sont considérés chez nos voisins comme des questions politiques ou économiques qui ne relèvent pas du droit privé. Les landlords irlandais n'ont jamais songé à protester au nom de leur droit de propriétaires contre l'expropriation dont on les menaçait. Ils savaient pertinemment que ce droit qu'ils ne pouvaient invoquer était conditionnel et non absolu comme il l'est en France.

Il est reconnu par tous les jurisconsultes anglais que la terre appartient en définitive à la *Couronne*, et qu'elle peut porter atteinte sans discution possible à ce que nous considérons dans notre pays comme les droits les plus élémentaires de la propriété.

Une réaction d'une portée politique considérable se produit aujourd'hui en Angleterre contre l'immobilisation du sol au moyen des substitutions, et surtout contre la concentration excessive de la propriété entre les mains de quelques privilégiés.

L'homme d'État illustre qui s'est placé aujourd'hui à la tête du parti démocratique en Angleterre, M. Gladstone, proclamait dans son manifeste électoral de septembre 1885 la nécessité des réformes. « Appartenant, disait-il, à une école pleine de foi dans les lois économiques, je désapprouve l'atteinte qui leur est portée par les substitutions, et je les condamne plus encore au point de vue social et moral. Mon vœu serait de maintenir la liberté testamentaire, mais, en même temps, de rendre la propriété libre et libre aussi la transmission des biens fonds. Je voudrais par ces moyens ou par d'autres moyens légitimes, amener une étroite union entre le peuple et la terre; je voudrais augmenter considérablement le

nombre de ceux à qui appartiennent et le sol qu'ils exploitent, et surtout la maison qu'ils habitent. »

Inspiré par le même esprit politique, M. Jesse Collings, député radical à la Chambre des communes, proposait l'amendement suivant :

« La Chambre exprime humblement son regret que Sa Majesté n'annonce aucune mesure tendant à soulager les classes rurales, et spécialement à faciliter aux travailleurs agricoles l'obtention de petits lots de terre (*allotments*) dont la jouissance leur serait concédée à des conditions équitables, soit comme prix, soit comme sécurité. »

Cet amendement, vivement combattu par le gouvernement, et défendu par M. Gladstone, fut adopté à une imposante majorité par la Chambre des communes. Le ministère Salisbury mis en minorité, donna sa démission à la suite de cet échec.

La chute d'un ministère n'est pas un événement bien extraordinaire dans un pays soumis au régime parlementaire, mais il suffit à montrer l'importance extrême qu'a prise la question agraire dans la politique intérieure de l'Angleterre. On peut assigner deux causes à ce mouvement d'opinion très réel et très puissant, qui se révèle par des publications nombreuses, des projets de loi, et les discussions les plus vives au sein du Parlement. La première de ces causes est la situation misérable et précaire de la classe des ouvriers ruraux, la nécessité qui s'impose d'améliorer leur sort en leur facilitant les moyens d'acquérir un lot de terre pour combattre la misère et la faim ; la deuxième cause, qui n'est pas la moins importante, est la nouvelle position des ouvriers agricoles au point de vue politique, et l'influence considérable qu'ils ont acquise avec le droit de vote.

Le parti libéral a remporté la victoire aux dernières élections dans les comtés où il s'était fait l'avocat et le champion des revendications de la classe rurale ; il n'a essuyé que des échecs dans les villes où il ne pouvait s'appuyer sur la majorité des ouvriers agricoles dont il soutenait les intérêts. Une pareille situation était facile à prévoir du moment que le droit de suffrage était reconnu à des populations dont la voix avait été jusque-là étouffée ; la constitution d'un parti politique nouveau, s'appuyant sur la classe ouvrière des campagnes, s'imposait comme une nécessité, et il n'est plus permis aujourd'hui de s'étonner en constatant son existence.

La situation nouvelle ne laisse pas que d'avoir ses dangers. La constitution de la propriété foncière anglaise est une cause de faiblesse dans cette lutte politique. L'antagonisme semble imminent entre cette classe restreinte de grands propriétaires privilégiés ou de fermiers opulents, et cette nombreuse population agricole n'ayant droit ni au sol qu'elle fouille depuis des siècles, ni aux richesses qu'elle produit! Jusqu'à ce jour les ouvriers agricoles n'ont pas engagé cette lutte du travail contre le capital, qui apporte tant de troubles et provoque tant de souffrances dans l'usine et la manufacture.

Le jour où ils l'entreprendront, ils se trouveront une légion contre une minorité de privilégiés. En France, si une poignée de rêveurs exaltés voulaient toucher à la propriété pour la remanier, quatre millions de propriétaires et même plus se lèveraient pour les confondre; en Angleterre on n'en trouverait pas 150 000 en face d'un million de prolétaires. Nous le répétons, une pareille situation offre des dangers : l'aristocratie anglaise en a le sentiment. Comprenant parfaitement le sens et la portée du mouvement d'opinion qui se produit, elle le devance pour en prévenir les effets et les exagérations.

Une association qui se propose l'extension *volontaire* du système des *allotments*, s'est constituée sans la présidence du duc de Westminster, et le comte d'Onslow, secrétaire du comité, vient de publier à Londres un volume très intéressant où il explique le but poursuivi par les fondateurs, en même temps qu'il indique l'état de la question et les résultats dans le passé et dans le présent.

« Cette association, dit-il, a été formée dans le but de vulgariser et d'étendre une pratique déjà fort répandue dans beaucoup de régions, celle de louer à titre d'*allotments* une petite quantité de terres arables ou une surface de prairie suffisante pour une vache, sans compter le jardin attenant au cottage.

» Il a été démontré devant la commission royale du logement des classes ouvrières, que les salaires des laboureurs ne pourraient augmenter tant que durerait la crise agricole actuelle; c'est pourquoi il fallait résoudre la question de savoir comment on pourrait améliorer la situation de l'ouvrier agricole sans sacrifier à son profit la propriété de toute une autre classe de la société.

» Le seul capital que possède l'ouvrier rural est son travail, et le meilleur moyen d'améliorer son sort consiste à le mettre en état

de tirer le meilleur revenu possible de ce capital. Il est aujourd'hui admis par tout le monde que le salarié pauvre qui possède un « allotment » utilise volontiers pour le cultiver le temps dont il dispose avant ou après ses heures ordinaires de travail, et le résultat de ses efforts personnels ou des soins apportés par sa famille, se traduit par une amélioration réelle dans sa condition sociale et sa situation financière.

» On a constaté que le fermage des « allotments » était payé régulièrement, et que le tenancier pouvait disposer d'une quantité d'engrais suffisante pour entretenir la fertilté du sol ; on peut créer ainsi une classe de petits fermiers très reconnaissants des secours qu'on leur fournit, et *s'offrant à payer un prix de location élevé pour la terre.*

« Une excellente occasion s'offre aux propriétaires fonciers de montrer qu'au sujet de la création des « allotments » il n'est pas nécessaire de recourir à la contrainte législative, et que le résultat qu'on se propose d'atteindre au moyen de lois dont les avantages pour les populations attachées au sol sont très douteux, peut être obtenu par le *concours volontaire de ceux qui en ont le pouvoir, c'est-à-dire des propriétaires eux-mêmes*[1]. »

D'après le comte d'Ouslow, « deux cent quarante-huit landlors dont les propriétés comprennent près d'un million d'hectares, sont entrés dans l'association et sont prêts à faire droit aux demandes qui leur seraient faites par les ouvriers agricoles de leurs vastes domaines, pour la constitution de nombreux « allotments ». Si les possesseurs d'une si notable portion du sol cultivé de l'Angleterre ont témoigné tant de bonne volonté pour la création du système des « allotments », en réponse à une enquête d'un caractère purement individuel et privé, il est certain que l'enquête officielle à laquelle procèdera le gouvernement, révèlera une situation encore plus satisfaisante. »

On ne peut qu'applaudir sans réserves aux efforts que fait l'aristocratie anglaise en ce moment pour résoudre pacifiquement une question délicate et venir en aide spontanément aux milliers de prolétaires ruraux dont elle ignorait peut-être hier les souffrances, en même temps que les remèdes suffisants pour les adoucir. Il est

1. *Landlords and allotments* by the Earl of Onslow, secretary of the Land and Glebe owner, Association for the voluntary extension of the Allotments system. Londres, Longmans-Green and C°, 1886.

à souhaiter que le principe si fécond de l'association exerce encore une fois son heureuse influence, et que les seuls efforts de l'initiation individuelle si développée en Angleterre, permet de grouper les hommes de bonne volonté, de diriger leur action, d'étendre leur influence, et d'atteindre peu à peu le but pratique poursuivi : assurer à chaque travailleur agricole un coin de terre auprès de son cottage, « trois acres de terre et une vache », suivant la formule consacrée qu'on reproche aux libéraux anglais d'avoir adoptée, pendant les dernières élections, comme une réclame électorale.

En dehors des associations privées, il existe aujourd'hui de l'autre côté de la Manche tout un parti politique qui lutte pour le rétablissement d'une classe de paysans propriétaires, analogues aux « yeomen » dont on ne trouve plus désormais de traces que dans l'histoire.

Le but ouvertement poursuivi est l'abrogation des lois qui enlèvent à la propriété toute mobilité et la concentre, au moyen des substitutions, entre les mains des représentants de quelques grandes familles. Le parti radical n'hésite même pas à faire du « socialisme d'État » et à faire intervenir le législateur pour faciliter et précipiter la division du sol. Deux députés à la Chambre des communes, MM. Jesse Collings et Broadhurst, ont saisi l'année dernière le Parlement d'un projet de loi destiné à permettre aux circonscriptions sanitaires d'acquérir par voie d'expropriation des terres destinées à être vendues ou louée aux ouvriers agricoles par petites parcelles. Le prix d'achat devait être fixé par la Cour du comté au chiffre raisonnable que donnerait un acheteur ordinaire à un propriétaire prêt à vendre de son plein gré (art. 42); et les fonds nécessaires à ces acquisitions seraient avancés aux autorités locales par la trésorerie (art. 48), c'est-à-dire par l'État. Les terres seraient divisées en *small holdings* (littéralement *petites locations*) et en *allotments*. Le *small holding* défini dans le projet de loi, « une terre dont la superficie n'est ni moindre de l'acre (1 acre = 40 ares), ni supérieure à 4 acres », serait *indivisible*, mais susceptible d'être vendu, hypothéqué et engagé pour la totalité. « La vente du « small holding », indique l'auteur du projet, sera faite aux personnes choisies par les autorités sanitaires aux conditions suivantes : payement du quart du prix, les trois autres quarts restant dus et ne pouvant être payés; intérêts à 1 p. 100 sur les trois quarts restant dus. L'autorité se réserve sur le « small holding » un pour-

voir de surveillance étendu et un droit de rachat; elle peut faire au propriétaire qui veut construire ou faire d'autres améliorations des prêts remboursables en trente-cinq ans. »

Les « allotments » seraient, d'après le projet de loi, d'une nature un peu différente : un « allotment » ne doit pas contenir plus de 40 ares de terres arables ni plus de 1 hectare 20 ares de prairies; les conseils des districts auraient le droit de louer plusieurs « allotments » à la même personne, mais il serait interdit d'élever aucun batiment sur ces superficies.

On voit combien est vaste le programme tracé par le parti radical. Ce n'est rien moins qu'une application pratique du socialisme d'État; la Chambre des communes s'est pourtant associée à ces idées en adoptant l'amendement célèbre que nous avons reproduit plus haut, et en provoquant ainsi la chute du ministère Salisbury qui l'avait combattu.

Il ne faut pas seulement voir une manifestation nouvelle et inquiétante des idées socialistes dans ces projets et dans l'intervention de l'État, qu'on préconise et qu'on réclame. Les députés et les hommes d'État du parti démocratique sont les interprètes d'un mouvement d'opinion très général et très puissant, qui se manifeste réellement et se prononce chaque jour davantage contre le monopole de la propriété foncière avec ses conséquences sociales.

Ce que l'on combat avec tant d'ardeur chez nos voisins, c'est la grande propriété et non les grands propriétaires; c'est l'institution et non les hommes qui la personnifient.

Il n'est pas permis d'oublier que, dans l'aristocratie anglaise, il se trouve et s'est toujours trouvé des hommes prêts à mettre leur fortune au service d'une idée patriotique ou généreuse. Qu'il s'agisse de réaliser des améliorations agricoles nouvelles et fécondes pour l'avenir, de construire un hospice, de développer l'instruction chez les classes pauvres, on rencontre toujours un lord, disposé, non seulement, à sacrifier des sommes considérables pour accomplir de pareilles œuvres, mais encore à y consacrer son intelligence et son temps, ce qui plus rare et plus méritoire.

L'aristocratie anglaise n'est pas une caste de *familles nobles* dont tous les membres jouissent de privilèges civils ou pécuniaires, c'est une caste d'*individus nobles* fort peu nombreuse[1] dont les

1. Il n'y a pas mille personnes nobles en Angleterre et depuis le XIV[e] siècle elles ne jouissent d'aucune immunité d'impôts.

prérogatives politiques se bornent à composer le conseil de la reine ou la Chambre des pairs.

En France, avant 1789, la noblesse était attachée à la naissance et tous les descendants d'une famille noble étaient nobles de droits. L'existence d'une noblesse besoigneuse dont les représentants devenaient chaque jour plus nombreux, avait conduit la royauté à respecter ou à établir des immunités d'impôts, à réserver pour l'aristocratie les places, les honneurs, avec tous les privilèges puérils ou odieux qui avaient allumé dans le cœur du peuple une haine terrible contre cette minorité de favoris satisfaits.

En Angleterre, depuis le XIVe siècle, la noblesse est attachée *exclusivement à l'office de conseiller héréditaire de la Couronne, dans la Chambre haute.* L'aîné seul en hérite ; et les autres enfants n'ont aucun droit, aucune immunité. Les familles issues de puînés ne se distinguent en rien du reste de la nation, et servent ainsi de bien entre elle et la noblesse. Ce qui a fait la force de l'aristocratie anglaise c'est précisément le mouvement descendant et non ascendant qui laisse retomber puînés et cadets dans la masse du peuple. Elle fait de la nation entière un corps homogène et non deux castes séparées[1].

II

Nous venons d'étudier la constitution de la propriété en Angleterre et nous avons montré les inconvénients qu'elle présente, les discussions qu'elle provoque, les luttes qu'elle soulèvera demain.

Nous sommes heureux en détournant nos regards pour les reporter sur la France de constater une situation bien différente.

A peine dégagés des liens du servage, le paysan et la communauté rurale deviennent propriétaires et ambitionnent d'étendre chaque jour la parcelle qu'ils ont acquise. C'est autour des villes qui offrent des débouchés assurés et avantageux que la petite propriété se développe. Les cultivateurs industrieux qui se réfugient ainsi auprès des communes réllement affranchies, se livrent à l'industrie qui exige un labeur assidu, des soins constants, concentrés sur une faible surface ; ils font du jardinage, ils cultivent la vigne et les arbres à fruits. Le sol et le climat de la France, si variés et si propices aux cultures les plus diverses, favorisent cette expansion de la petite propriété

1. M. E. Boutmy à son cours (École des Sciences politiques).

adonnée à la production des vins, des légumes et des fruits qui ont de tout temps constitué une part importante de notre production agricole.

La culture du lin, du chanvre, de quelques plantes industrielles, comme la garance, assurent aux petits propriétaires des profits qui les encouragent. Ce sont là sans doute des conditions qui se trouvaient réalisées dans notre pays mieux que dans tout autre, mais dont le paysan français sut profiter avec intelligence. Née probablement dans ce milieu favorable dont nous venons de parler, et dans le Midi principalement, où la variétés des productions était plus grande que dans le Nord, la petite propriété gagne peu à peu du terrain. Elle se développa par la supériorité naturelle du mode de culture directe qui rattache si intimement l'homme à la terre. Pour défricher les terres incultes, les pentes abruptes que des tenanciers ordinaires, colons ou serfs, eussent refusé de mettre en culture, le seigneur féodal a recours aux contrats les plus divers : *baillées à rente*, *locatairerie*, *métairie perpétuelle*, qui lui assuraient sans doute des redevances et un revenu, mais qui rendaient aussi le paysan propriétaire presque absolu du champ qu'il avait enclos et fertilisé. Au sein même du domaine seigneurial se constitue le domaine parcellaire du paysan. Sa propriété se fonde sur un contrat juridique qui lui assure les droits les plus complets, elle se justifie par son travail obstiné, véritable labeur du pionnier qui défriche un sol vierge. « L'homme fait la terre », a dit énergiquement Michelet, le paysan français l'a conquise à la fois sur les hommes qui la lui disputaient et sur la nature qui entassait devant lui les obtacles. A mesure que le régime féodal, vieilli et affaibli, perdait son rôle politique, les propriétaires nobles, de plus en plus obérés par les exigences de leur condition et la satisfaction de leurs goûts de luxe, se trouvaient contraints de céder la terre au vilain enrichi, au laboureur économe dont le travail âpre et constant avait grossi continuellement l'épargne. L'influence toute-puissante de l'activité et de l'industrie des classes laborieuses tendait chaque jour davantage à rétablir l'égalité civile et sociale, à combler l'abîme qui avait séparé le privilégié du manant. La légistation elle-même favorise le tenancier qui veut acquérir. « Dans le soin de ses intérêts, dit M. Doniol, on allait jusqu'à lui réserver parfois la préférence sur tout autre acquéreur pour la vente de l'héritage qu'il tenait à bail[1] ».

1. Doniol, *Histoire des classes rurales*, p. 239.

En Angleterre nous avons vu que la grande propriété féodale avait absorbé peu à peu la petite et dépouillé le « yeoman » de son champ; en France au contraire le domaine du petit propriétaire s'agrandit et se multiplie surtout. Au XVIIIe siècle, l'avènement de cette classe nouvelle, qu'on pourrait appeler le tiers état rural, est un fait accompli. « Pendant tout le XVIIIe siècle, dit M. Taine, le paysan avait acquis la terre. Comment avait-il fait dans une telle détresse? La chose est à peine croyable quoique certaine; on ne peut l'expliquer que par le caractère du paysan français, par sa sobriété, par sa ténacité, sa dureté pour lui-même, sa passion héréditaire pour la terre. Il avait vécu de privations, économisé sou sur sou. Chaque année quelques pièces blanches allaient rejoindre son petit tas d'écus enterré au coin le plus secret de sa cave. » On se figure à tort que la petite propriété en France est née d'hier, qu'elle résulte d'une grande crise politique et qu'elle est née de la Révolution. Il n'en est rien. L'abolition du droit d'aînesse a pu accélérer les divisions du sol en dégageant la propriété foncière des liens qui l'immobilisaient, mais cette influence a été necessairement partielle et restreinte à une seule catégorie de biens; elle n'a pu s'exercer que sur la transmission des fiefs et des terres *nobles*. Les propriétés *roturières* dans la France entière se partageaient également entre tous les enfants sauf quelques exceptions fort rares et qu'on cite précisément comme une dérogation à la règle générale[1]. L'égalité du partage a exercé librement son action sur le morcellement du sol bien avant la Révolution; il est impossible de le mettre en doute. Non seulement on peut dire que la petite propriété existait sous l'ancien régime, mais encore il est facile de prouver qu'elle était très développée et fort répandue.

Aujourd'hui que l'historien ne se contente plus de tirades et de discours, mais fouille dans nos archives pour faire revivre le passé avec sa réalité, on découvre chaque jour des preuves nouvelles du développement considérable qu'avait pris la petite propriété à la fin du siècle dernier.

M. Baudrillart, dans ses *Études sur la Normandie* cite un texte décisif que nous lui empruntons. En 1787, le comte de Montsarville,

1. Voir à ce sujet Laferrière, *Histoire du droit français*, et P. Viollet, *Précis d'histoire du droit français*. Ces auteurs après avoir analysé nos coutumes, concluent dans ce sens. La coutume de Ponthieu faisait seule exception à la règle du partage égal pour les *biens roturiers*.

député de la noblesse à l'Assemblée des notables, disait à propos des travaux des chemins : « La jurisprudence en Normandie condamne les propriétaires bordiers à l'entretien des chemins qui les touchent. *Dans un pays comme la Basse-Normandie, où toutes les possessions sont divisées par une infinité de clôtures ; où le peuple attaché au sol partage la plus petite succession de son père,* la plus grande partie des chemins se trouve avoisinée de ces possessions divisées[1]. »

Ce qui s'observait en Normandie pouvait se constater ailleurs.

Au moment où nous écrivons ces lignes, nous avons sous les yeux le plan de deux communes du département de l'Oise, situées près de Beauvais ; ce plan dressé en 1726, présente un lacis inextricable de lignes qui se coupent et s'entrecroisent, tant était considérable le nombre de parcelles différentes dont le plan constate l'existence.

Pour constituer un domaine de 75 hectares d'un seul tenant, un propriétaire d'une de ces communes était obligé en 1782 de passer *quatre-vingt-seize* contrats de vente ou d'échange, et de s'adresser à *trente-six* vendeurs différents. On pourrait multiplier indéfiniment de pareils exemples.

Arthur Young avait raison de dire que le nombre des petits propriétaires était considérable en France. Depuis, le nombre en a encore augmenté sans qu'on puisse craindre cependant d'arriver à ce morcellement exagéré du sol qu'on a qualifié de « pulvérisation » et dont on se prend parfois à redouter les dangers avant de s'être assuré au préalable de son existence bien réelle.

L'enquête officielle de 1882 n'ayant pas encore été publiée, nous sommes forcés d'avoir recours à celle de 1862, qui classait ainsi les propriétaires qui se partagent le sol cultivé :

Nombre des propriétaires	Cultivant par les soins d'un maître valet.......	47.424
	— par les soins d'un régisseur..........	10.215
	— de leurs mains et ne cultivant que leurs terres..............................	1.754.034
	Exploitant la terre d'autrui comme fermiers...	648.836
	— comme métayers ou colons.........	203.860
	— comme journaliers................	1.134.190
	Total..................	3.799.759

Le nombre des propriétaires indiqué ici est certainement au-dessous de la vérité malgré son importance. En adoptant la proportion

1. Baudrillart, *les Populations agricoles de la France, Normandie et Bretagne*, p. 102.

de cinquante-neuf propriétaires pour 100 cotes foncières[1], proportion que l'administration indique elle-même dans son enquête de 1879, on arriverait à trouver plus de 8 millions de personnes possédant une fraction du sol. Mais on tient compte alors des plus petites parcelles, et en particulier de toutes les surfaces bâties dans les villes ou dans les campagnes. Il faut donc se garder, de ce côté encore, d'une exagération fâcheuse. Sans négliger toutes ces considérations, on peut fixer à 5 millions au moins le nombre de ceux qui possèdent une fraction du sol suffisante pour leur permettre de subsister ou d'améliorer leur sort d'une façon notable[2].

L'Angleterre nous présente une situation bien différente. On se rappelle que le nombre des propriétaires recensés lors de l'enquête officielle de 1876 s'élevait à 973 000. Ce chiffre mérite d'être étudié et commenté. Il comprend tout d'abord 703 000 personnes possédant *moins de 40 ares!* D'après le tableau publié par le major Craigie, et que nous avons reproduit plus haut, la surface moyenne de ces propriétés ou « cottages » ne dépasserait pas 9 *ares!*

Il faut donc voir dans ces parcelles exiguës, non seulement des jardins attenant aux habitations ouvrières, mais encore et *surtout* de véritables maisons ou *villas*, dont les propriétaires n'ont rien de commun avec les ouvriers agricoles. Cette seule considération suffit à montrer que le nombre de propriétaires indiqué par la statistique officielle en Angleterre, doit être notablement réduit si l'on veut ne compter que ceux dont le champ est un instrument de production agricole, et non une fantaisie coûteuse, destinée à satisfaire les goûts pour le jardinage d'un citadin fashionable. En tout cas, la part de ces propriétaires lilliputiens serait bien réduite : 61 000 hectares sur les 13 millions que représentent les autres catégories de propriétés ! A peine 0,4 p. 100 !

Pour la Grande-Bretagne tout entière le nombre de propriétaires est indiqué par le tableau suivant :

Angleterre et pays de Galles	972.846
Écosse	132.230
Irlande	68.755
Total	1.173.821

1. D'après l'enquête de 1884, le nombre des cotes foncières dépasse 14 millions.

2. Il y a environ 6 millions de cotes se rapportant exclusivement à la propriété bâtie ; il resterait donc 8 millions de cotes pour les propriétés non-bâties ce qui donnerait, en admettant toujours la proportion de 59 p. 100, le nombre de 5 millions de propriétaires.

On ne peut accepter ce nombre qu'avec des réserves, nous venons de dire pourquoi ; mais en admettant même qu'il soit exact, et en le rapprochant du chiffre de la population fixé par le dernier recensement à 35 millions, on peut voir que 3 p. 100 seulement des habitants détiennent le sol à titre de propriétaires.

En France, cette proportion s'élève à 13 p. 100, et se trouve ainsi quatre fois plus considérable, en admettant ce qui est très sensiblement exact, que le nombre des habitants soit de 38 millions.

Les propriétaires dont nous nous occupons dans les deux pays sont des chefs de famille, il ne faut pas l'oublier.

Pour savoir combien de personnes sont rattachées par leurs intétérêts à la possession du sol, il faut donc reconstituer dans leur intégrité ces millions de groupes dont nous avons seulement compté les chefs. En multipliant par 4 le nombre des propriétaires, nous resterons certainement au-dessous de la réalité.

Il y aurait ainsi, et en s'appuyant sur les chiffres déjà indiqués, *quatre millions, six cent quatre-vingt-quinze mille* personnes participant directement ou indirectement à la propriété du sol dans le Royaume-Uni, tandis qu'en France il y en aurait 20 millions. Alors que dans la Grande-Bretagne, 13 p. 100 des habitants ont seuls des droits sur le sol qu'ils foulent ou qu'ils cultivent, on trouve en France plus de la moitié de la population attachée à la terre et participant en conséquence à l'exercice d'un droit qui relève l'homme et lui communique, avec une plus haute idée de son indépendance, le sentiment et la nécessité de l'ordre. « La possession d'un coin de terre si étroit qu'il soit, dit M. Leroy-Beaulieu, ajoute à la dignité de l'ouvrier et à l'agrément de sa vie. »

La division de la propriété en France introduit en outre dans la répartition des richesses un élément d'égalité et de justice.

Quelles que soient les opinions qu'on professe à l'égard de la théorie fameuse de Ricardo, il est un fait qui domine toutes les discussions, c'est l'accroissement continuel de la rente[1] du sol. Cette augmentation depuis le commencement du siècle n'a pas été inférieure à 180 ou 190 p. 100 pour les régions sur lesquelles nou avons recueilli des renseignements précis[2]. M. Leroy-Beaulieu in-

1. Nous employons ici le mot *rente* comme équivalent de fermage et non dans le sens que lui donnait Ricardo.

2. Nos recherches ont porté sur le revenu des terres appartenant aux hospices de Beauvais, de Quimper et de Saint-Brieuc.

dique le chiffre de 140 p. 100 dans son *Essai sur la répartition des richesses*.

Ce sont là des faits que tout le monde peut constater et contrôler. Nous sommes loin de prétendre que les améliorations réalisées par les propriétaires n'ont pas exercé une grande influence sur cet accroissement, mais il est certain qu'en dehors de toute industrie, de toute intervention personnelle des propriétaires, l'augmentation de la rente constitue une plus-value qui résulte, dans une large mesure, des progrès de la culture, de l'élévation du prix des denrées agricoles, et de l'accroissement de richesse de la société toute entière. En Angleterre, quelques hommes profitent seuls de cette plus-value; en France elle se répartit entre des millions de propriétaires.

« La France, dit Michelet, a donné la terre à celui qui travaillait la terre, l'Angleterre s'est prononcée pour le seigneur, et a chassé le paysan[1]. » Voilà en quelque mots l'explication d'une crise ou d'une *question agraire*, qui devient d'année en année plus sérieuse; voilà ce qui provoque sans la justifier l'action de l'État et du législateur dans le domaine économique. Cette intervention est-elle utile, est-elle bonne? Nous ne le croyons pas. Il ne saurait y avoir plus de raisons sérieuses de reconstituer législativement la petite propriété absorbée par la grande, qu'il n'y en aurait à favoriser la petite industrie battue en brèche par la grande manufacture. Mais en revanche, il serait sage et utile de rendre aux grandes propriétés la mobilité qui leur est enlevée aujourd'hui, de détruire ce vieil édifice féodal de substitutions et de majorats qui donne, dans un siècle de transformations et de mouvement, l'étrange spectacle d'une immobilité maladive et factice.

Laisser librement agir les lois économiques qui gouvernent la division du sol, tel serait au moins le but qu'on pourrait viser à l'heure actuelle. C'est celui que voudraient s'efforcer d'atteindre les représentants les plus autorisés du parti libéral anglais, et entre autres M. Goschen, qui combat énergiquement l'intervention de l'État proposée par le parti radical, et croit voir dans l'abrogation des substitutions un remède suffisant aux vices de l'organisation actuelle.

On ne saurait contester aux députés du parti radical le mérite d'avoir appelé l'attention du pays tout entier sur la situation précaire des populations rurales, d'avoir réveillé les bonnes volontés endormies, d'avoir provoqué la constitution de ces associations de

1. Michelet, *Le Peuple*.

propriétaires qui tardaient trop jusque-là à réaliser des améliorations dont il ne contestent même plus aujourd'hui l'opportunité et la valeur.

De ce grand mouvement d'opinion si remarquable pour un pays de tradition comme l'Angleterre, de ce concours d'efforts et de volontés cherchant à atteindre le même but par des voies diverses, il ne peut résulter qu'une amélioration sensible dans la situation des ouvriers agricoles. L'importance du résultat justifie l'ardeur des discussions qui s'engagent sur les moyens destinés à le réaliser.

Il faut nous féliciter en tous cas de n'avoir en France aucune question semblable à signaler, aucune crise de ce genre à prévenir ou à combattre. Chez nous, la propriété foncière ne peut d'ici longtemps devenir un monopole qu'on discute, un privilège qu'on voudrait détruire. Les propriétaires ne sont ni un groupe ni une classe, ils constituent une majorité dans la nation.

Tel est le côté politique et social de la question de la propriété foncière et de sa constitution; ce n'est pas le seul point de vue sous lequel on puisse l'envisager. Il faut voir encore l'influence de la division du sol sur la constitution de la culture; il est intéressant de constater si les observations générales relatives à notre pays ne rencontrent pas une véritable confirmation dans celles qui se trouvent en Angleterre le résumé des mêmes faits.

L'enquête récente à laquelle s'est livrée l'administration anglaise sur le nombre et l'étendue des exploitations rurales va nous permettre de traiter cette question que nous étudierons dans un prochain article.

ACTION
DES
VAPEURS MERCURIELLES SUR LES FEUILLES

PAR

M. VICTOR JODIN

L'influence toxique des vapeurs mercurielles sur les végétaux a été découverte par des savants hollandais vers la fin du XVIII[e] siècle. Après eux, d'autres (Spallanzani, Saussure) eurent aussi connais-

placer en *tension*, c'est-à-dire de façon que le même air en sortant de la première éprouvette rentrât dans la deuxième, après s'être dépouillé, dans l'eau de baryte, dù gaz CO^2 dont il était chargé en passant sur la première feuille. Dans la deuxième méthode l'atmosphère limitée n'était pas renouvelée et on déterminait par les procédés eudiométriques connus la quantité de CO^2 produit pendant l'expérience. Cette dernière méthode permettait en outre de tenir compte du volume de l'oxygène disparu et d'apprécier les variations du rapport $\frac{CO^2}{O}$ attribuables à la mercurialisation. Les deux méhodes ont conduit au même résultat : que le coefficient respiratoire de la feuille mercurialisée dépassait toujours celui de la feuille normale d'une quantité notable et fort au-dessus de la limite d'erreur des expériences. Cette différence s'accuse surtout au commencement de l'expérience, car en la prolongeant suffisamment il arrive souvent que le coefficient de la feuille mercurialisée tombe au-dessous de la normale. Cela arrive sans doute par les progrès de l'intoxication mercurielle qui d'abord excitatrice devient bientôt déprimante en abolissant progressivement la condition physiologique de la respiration.

Voici quelques exemples sur ce sujet.

1re EXPÉRIENCE : FEUILLES DE LAURIER-CERISE.

Durée : 7-15 mars, soit 192 heures; température moyenne : 5°,3.
Atmosphère renouvelée.

	Poids.	Coefficient respiratoire.
	Gr.	Gr.
2 feuilles normales................	4.962	0.000234
2 — mercurialisées...........	5.095	0.000563

2e EXPÉRIENCE : FEUILLES DE LILAS.

Chaque éprouvette reçoit un lot de cinq feuilles; celui de l'éprouvette à mercure pèse 2gr,183, l'autre, 2gr, 260. — L'expérience est prolongée du 1er au 12 mai. Cette durée est partagée en deux périodes, l'une de 71 heures, l'autre de 216; atmosphère renouvelée.

	Moyenne thermométrique.	Coefficient respiratoire des feuilles. Avec mercure.	Sans mercure.
1re période : 71 heures..........	14°2	0.0068	0.0049
2e période : 216 heures..........	12 2	0.0024	0.0016

3e EXPÉRIENCE : FEUILLES DE LILAS.

6 feuilles dans chaque éprouvette, pesant ensemble 3gr,77.
Durée de l'expérience : du 16 au 28 mai, en quatre périodes; atmosphère renouvelée

	Moyenne thermométrique.	Coefficient respiratoire des feuilles. Avec mercure.	Sans mercure.
1re période : 48 heures	12°4	0.00357	0.00317
2e période : 72 heures	14 2	0.00540	0.00280
3e période : 168 heures	14 3	0.00200	0.00123
4e période : 240 heures	17 3	0.00145	0.00120

4e EXPÉRIENCE : FEUILLES DE BLÉ CULTIVÉ EN POT.

Ces feuilles seulement âgées de treize jours sont partagées en deux lots pesant 1gr,945 chacun ; durée : 44 heures, du 23 au 25 août ; température moyenne : 20° ; atmosphère renouvelée.

	Gr.
Coefficient respiratoire des feuilles avec mercure	0.00295
Coefficient respiratoire des feuilles sans mercure	0.00120

Les expériences suivantes ont été faites dans une atmosphère limitée, non renouvelée pendant la durée des observations :

5e EXPÉRIENCE : FEUILLES DE LILAS, CUEILLIES EN OPPOSITION SUR LE MÊME RAMEAU.

L'une de ces feuilles pesant 1gr,295 est renfermée dans une éprouvette pleine d'air avec une plaque de zinc amalgamée de 8 centimètres carrés ; l'autre du poids de 1gr,302 est placée dans une semblable éprouvette mais sans mercure. Au bout de 72 heures (du 11 au 14 juin), par une température moyenne de 20°, on procède à l'analyse finale de chaque éprouvette :

	Atmosphère avec mercure. Initiale.	Finale.	Variations.	Atmosphère sans mercure. Initiale.	Finale.	Variations.
CO^2	0.0	13.2	+ 13.2	0.0	4.7	+ 4.7
O	19.1	3.9	— 15.2	19.6	14.7	— 4.9
AZ	72.9	73.1	+ 0.2	74.6	74.5	— 0.1
Vol. total	92.0	90.2		94.2	93.9	

Le rapport volumétrique de CO^2 produit à oxygène absorbé est :

$$\frac{CO^2}{O} = 0.86 \qquad \frac{CO^2}{O} = 0.96$$

Le poids de Co^2 produit en 10 heures par 1 gramme de feuille (ou le coefficient respiratoire) est respectivement :

0.0028 et 0.0010

6e EXPÉRIENCE : QUATRE FEUILLES DE LILAS :

Elles sont également placées deux à deux dans deux éprouvettes (chaque lot de deux feuilles pesait 1gr,84). — Ces éprouvettes contiennent une atmosphère riche en oxygène (50 à 60 p. 100). De plus, elles ont reçu quelques centimètres cubes d'une solution de potasse caustique destinée à absorber CO^2 au fur et à mesure de sa production. Elles ont été jaugées et graduées en millimètres de façon que sur la cuve à mercure, où elles sont placées, il est facile d'apprécier exactement les variations de volume correspondant à la disparition de l'oxygène absorbé par les feuilles. Comme dans l'expérience précédente, une plaque de cuivre amalgamée était fixée dans l'une des éprouvettes.

Atmosphères observées réduites à 760mm.

ÉPOQUE des OBSERVATIONS.	THERMOMÈTRE.	FEUILLES NORMALES.			FEUILLES MERCURIALISÉES.		
		VOLUMES.	VARIATIONS de l'oxygène.	COEFFICIENT respiratoire.	VOLUMES.	VARIATIONS de l'oxygène.	COEFFICIENT respiratoire.
	Degrés.	cc.	cc.	gr.	cc.	cc.	gr.
21 juin, 3 heures.........	18	98.0	....	....	102.1	....	....
	....	....	5.4	0.00244	....	8.4	0.00368
22 juin, 3 heures	17.5	92.6	....	....	93.7	....	....
	....	....	8.9	0.00400	....	10.4	0.00494
23 juin, 8 heures...	18.5	83.7	....	....	82.9	....	....
	....	....	7.1	0.00310	....	10.6	0.00476
24 juin, 3 heures.........	19.0	76.6	....	....	72.3	....	....
	....	....	4.6	0.00210	....	6.6	0.00290
25 juin, 3 heures	19.5	72.0	....	....	65.7	....	....
			Moy.	0.00291		Moy.	0.00407

7° EXPÉRIENCE : FEUILLES D'AUCUBA JAP.

Deux feuilles pesant : A, 2gr,203 (témoin); B, 2gr,012, sont placées dans les mêmes conditions expérimentales que les feuilles de lilas du n° précédent, sauf que les éprouvettes contiennent une atmosphère d'air normal sans excès d'oxygène. La feuille A sert de témoin tandis que B est soumise à l'influence mercurielle. Voici les résultats.

ÉPOQUE des OBSERVATIONS.	DURÉE DE LA PÉRIODE CORRESPONDANTE.	TEMPÉRATURE.	ATMOSPHÈRES OBSERVÉES RÉDUITES.					
			FEUILLE NORMALE. Atmosphère.			FEUILLE MERCURIALISÉE. Atmosphère.		
			VOLUME total.	VARIATIONS de l'oxygène.	COEFFICIENT respiratoire*.	VOLUME total.	VARIATIONS de l'oxygène.	COEFFICIENT respiratoire.
	Heures.	Degrés.	cc.		gr.	cc.		gr.
24 août, 4 h. soir..		21	89.4	....	....	84.8	....	
	24.....	....	....	2.3	0.00083	....	1.8	0.00076
25 août, 4 h. soir..		21.5	87.1	....	....	83.0	....	
	24.5...	....	....	2.4	0.00088	....	2.4	0.00098
26 août, 4 h. 1/2 s.		20.5	84.7	....	....	80.6	....	
	24.5...	....	....	3.2	0.00113	....	3.5	0.00140
27 août, 5 h. soir..		20.5	81.5	....	....	77.1	....	
	45.....	....	....	5.4	0.00106	....	5.8	0.00139
29 août, 2 h. soir..		21	76.1	....	....	71.3	....	
	18.....	....	....	1.7	0.00086	....	2.9	0.00160
30 août, 8 h. mat..		21	74.4	15.0	....	68.4	16.4	
				Moy.	0.00095		Moy.	0.00123

* Par suite des dispositions adoptées pour les expériences VI et VII, les coefficients respiratoires n'ont pu être calculés que d'après le volume de l'oxygène disparu, et l'hypothèse que ce volume était égal à celui de CO^2 produit. Cette hypothèse n'est pas tout à fait exacte puisque le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est moindre que 1. Il en résulterait donc une valeur *absolue* un peu trop grande pour les coefficients, sans que toutefois cette incorrection affecte aucunement la démonstration cherchée par ces expériences.

D'après ces dernières expériences, à l'état normal la feuille de lilas paraîtrait jouir d'un coefficient respiratoire plus élevé que l'*Aucuba*. Elle serait également plus sensible à la vapeur mercurielle, car dès la première période de vingt-quatre heures les feuilles mercurialisées accusent une augmentation notable du coefficient. Chez l'Aucuba au contraire cette augmentation ne devient appréciable qu'à la deuxième période et n'atteint toute sa valeur qu'après la sixième période.

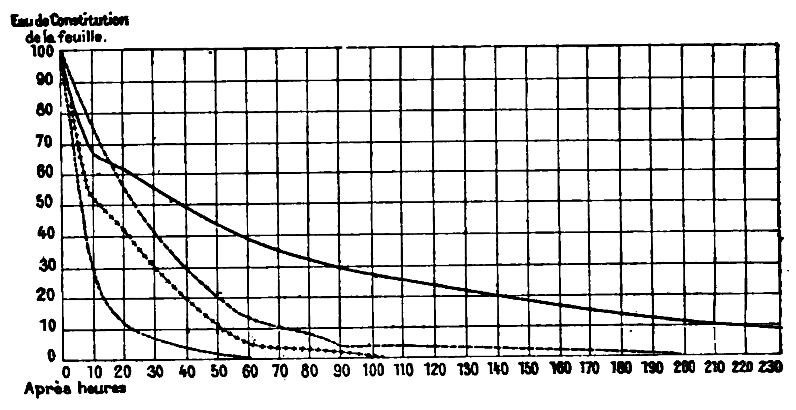
D'autre faits affirmeront encore davantage cette différence constitutionnelle des deux espèces de feuilles.

Ces expériences réalisées sur plusieurs espèces de feuilles et dans des conditions fort différentes suffisent pour montrer l'action que des traces impondérables de vapeur mercurielle dans l'atmosphère exercent sur la respiration végétale. D'autres études m'ont également conduit à admettre que chez les végétaux la respiration était une fonction éminemment impressionnable, réagissant très vivement sous des excitations fort diverses tant intérieures qu'extérieures.

Action des vapeurs mercurielles sur la transpiration. — Ces troubles de la respiration sont l'indice précurseur d'une altération profonde de la transpiration de la feuille, ou plutôt d'un des régulateurs de l'exhalation aqueuse de la feuille, puisque, comme on l'a vu précédemment, il ne s'agit ici que de cette résistance particulière que la feuille apporte aux actions desséchantes extérieures. Si donc on détache une feuille et qu'après une première pesée on l'abandonne à la dessiccation spontanée dans une chambre, ou plus généralement dans une enceinte quelconque, il arrivera au bout d'un certain temps que cette feuille se mettra en équilibre hygrométrique avec l'enceinte et ne perdra plus de son poids. Son eau de constitution peut-être représentée avec une approximation suffisante par la perte pondérale observée entre la première et la dernière pesée. En divisant cette perte totale en centièmes, si de plus on a fait plusieurs pesées intermédiaires en notant les époques, il sera facile de déterminer pour chacune de ces époques le tant p. 100 d'eau de constitution qui restait encore dans la feuille.

Pour la facilité des comparaisons, avec ces données on construit une courbe dans laquelle les abscisses sont proportionelles aux temps écoulés depuis l'origine, et les ordonnées au tant p. 100 d'eau de constitution correspondant à chaque époque. Le gra-

phique suivant représente les courbes de dessiccation de quatre feuilles de lilas d'âge et de condition différents.



A———— Feuille normale cueillie le 16 mai et conservée dans une éprouvette sans mercure jusqu'au 8 juin suivant.

B.......... Feuille opposée à la précédente sur la même branche, cueillie en même temps et conservée dans une éprouvette avec mercure.

NOTA : Ces deux feuilles étaient de celles qui avaient servi à l'expérience précédente sur la respiration. Malgré son long séjour dans l'éprouvette la feuille A conservait toute sa fraîcheur primitive ; la feuille B offrait cette coloration sombre qu'annonce la mercurialisation complète.

C -.-.-.- Feuille automnale cueillie le 10 septembre et mise immédiatement en dessiccation.

D+++++++ Feuille cueillie le 18 octobre suivant vers l'époque de la chute spontanée des feuilles.

En voyant la courbe de dessiccation s'infléchir de plus en plus au fur et à mesure que la feuille vieillit et arrive au terme naturel de son existence, on pourrait supposer que l'effet de la vapeur mercurielle n'est qu'une conséquence générale de sa toxicité ; en d'autres termes que la feuille mercurialisée perd son affinité pour l'eau par ce que le mercure l'a tuée.

Cette supposition ne serait pas exacte, car dans la figure précédente, on peut remarquer que la courbe de la feuille arrivée à la caducité est encore bien au-dessus de la feuille mercurialisée, et d'autres expériences vont montrer que l'on peut tuer une feuille sans affaiblir sa faculté de retenir l'eau de ses organes, et que l'empoisonnement par le mercure présente sous ce rapport un caractère spécifique.

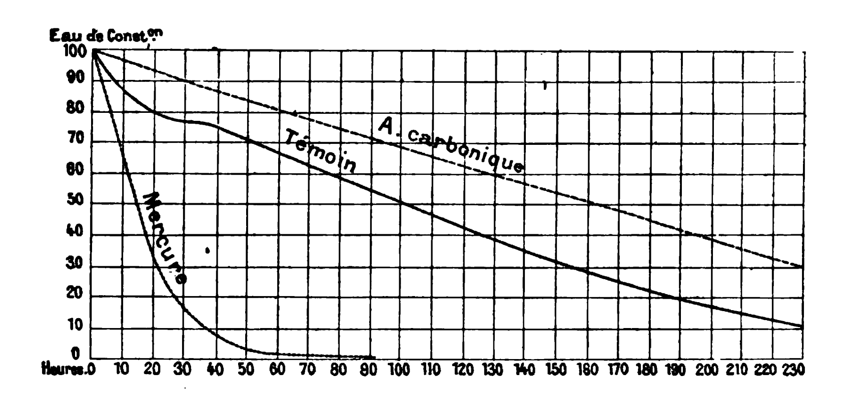
Le 17 mai je cueillis trois feuilles adjacentes sur une branche de laurier-cerise.

La première pesant 1gr,916 fut asphyxiée par un séjour de neuf jours (soit 214 heures) dans une atmosphère d'acide carbonique pur, à la température de de 18 degrés. (Les expériences de M. Boussingault ont démontré que, dans ces conditions, une feuille de laurier perdait complètement sa fonction chlorophyllienne en 75 heures et pouvait être considérée comme morte par asphyxie.)

La deuxième du poids de 1gr,818 fut soumise aux vapeurs mercurielles sous une éprouvette contenant 72cc,5 d'air.

La troisième servant de témoin fut renfermée dans un flacon d'air pur, pendant neuf jours comme les deux autres, — afin d'empêcher la dessiccation de commencer. Cette feuille pèse 1gr,917.

Après cette préparation, les trois feuilles furent abandonnées à la dessiccation dont la marche est représentée par les courbes suivantes.



A———— Feuille (témoin).
B— — — — Feuille asphyxiée dans l'acide carbonique.
C.............. Feuille mercurialisée.

Cet exemple caractérise nettement l'effet des vapeurs mercurielles sur l'affinité de la feuille pour son eau de constitution.

Au bout de soixante heures, la feuille mercurialisée retenait à peine 3 p. 100 de cette eau, tandis que la feuille normale en retenait 67 p. 100 et la feuille asphyxiée dans CO^2 encore davantage, ou 80 p. 100.

Des conditions qui favorisent ou modifient la mercurialisation des feuilles. — *Température.* — La tension de la vapeur mercurielle à 0° est de 0mm,020 et devient 0mm,053 à 30 degrés. Il est donc natu-

rellement indiqué que, toutes choses égales d'ailleurs, une feuille plongée dans une atmosphère mercurielle donnera d'autant plus vite les indices de la mercurialisation que la température sera plus élevée.

Ainsi une feuille d'*Aucuba japonica* a pu rester exposée aux vapeurs mercurielles pendant soixante-douze heures, à la température de 8 degrés sans présenter le moindre symptôme de mercurialisation. Il fallut prolonger l'exposition 288 heures pour les faire apparaître nettement, tandis qu'à 25 degrés, il ne faut pas plus de vingt-quatre heures.

Espèce des feuilles. — En dehors de la température, la nature spécifique des feuilles a une très grande influence, c'est-à-dire que des feuilles d'espèce différente exposées aux vapeurs mercurielles dans les mêmes conditions de temps et de température ne se montrent pas intoxiquées au même degré. Généralement les feuilles persistantes de consistance coriace résistent mieux que les feuilles annuelles. Et plus généralement encore, les feuilles qui a l'état normal résistent le plus à la dessiccation atmosphérique, celles en un mot qui paraissent avoir la plus grande affinité pour leur eau de constitution, sont aussi celles qui ressentent le moins les effets du mercure.

Ne voulant considérer ici que celui de ces effets qui affecte précisément cette affinité hygrométrique de la feuille, et pour ne pas trop multiplier les représentations graphiques, j'appellerai *caractéristique de dessiccation* d'une feuille le temps, exprimé en heures, nécessaire pour faire perdre à cette feuille la moitié de son eau de constitution. D'après cette convention les caractéristiques des trois feuilles dont la dessiccation a été représentée graphiquement page 6 seraient :

Pour la feuille A................................	103
Pour la feuille B................................	162
Pour la feuille C................................	14

Ce sont en d'autres termes les abscisses correspondant à l'ordonnée 50 de la courbe de chaque feuille.

Voici, d'après cette définition, les caractéristiques trouvées pour différentes feuilles normales ou mercurialisées dans l'air et abandonnées à la dessiccation dans des conditions atmosphériques peu différentes :

ESPÈCE DE FEUILLE.	CARACTÉRISTIQUE DE LA FEUILLE.		CONDITIONS PRINCIPALES DE LA MERCURIALISATION.	
	Normale.	Mercurialisée.	Durée.	Température.
			Heures.	Degrés.
Chêne.................... :.	22	17	48	18
Lilas........................	71	37	8	21
Lilas........................	79	4	26	22
Vigne vierge.........	91	57	8	21
Laurier-cerise..............	126	18	68	12
Laurier-cerise..	100	12	168	14
Laurier-cerise..............	96	30	120	20
Aucuba japon...............	617	243	120	20
Aucuba japon...............	506	118	288	8

Les deux dernières colonnes du tableau précédent indiquent le nombre d'heures pendant lesquelles la feuille d'expérience a été exposée aux vapeurs mercurielles, et la température moyenne pendant l'exposition.

Ces chiffres, obtenus à différentes époques et choisis au hasard entre beaucoup d'autres ayant tous la même signification, confirment d'abord pour les feuilles normales l'énorme différence déjà signalée[1] entre les différents degrés de protection dont elles jouissent, suivant l'espèce, contre la dessiccation. Entre la feuille de chêne qui perd en vingt-deux heures la moitié de son eau de constitution, dans des conditions où la feuille d'Aucuba met plus de six cents heures pour arriver au même résultat, l'écart paraît énorme, surprenant. Mais ce qui est encore peut-être, plus imprévu, c'est de voir deux feuilles d'apparence extérieure aussi semblable que le laurier-cerise et l'Aucuba, posséder une carastéristique de dessiccation aussi différente.

Quant à l'abaissement de cette caractéristique à la suite de la mercurialisation, on peut déjà remarquer combien sa grandeur paraît dépendre de la durée de l'exposition aux vapeurs de ce métal et de la température correspondante. D'autres conditions encore mal définies, l'âge de la feuille, la composition de l'atmosphère mercu-

1. V. Fleischer, *Ann. agron.*, t. II, p. 471.

rielle, etc., peuvent aussi concourir au même effet et en modifier beaucoup la valeur. Le paragraphe suivant en donne quelques exemples.

Composition de l'atmosphère. — La nature du gaz qui compose l'atmosphère limitée dans laquelle les feuilles sont exposées aux vapeurs mercurielles paraît avoir une grande influence sur la rapidité et la forme de l'intoxication.

Dans les expériences précédentes, la mercurialisation avait eu lieu au sein d'une atmosphère d'air normal, c'est-à-dire oxygénée. Mais si par exemple on opère avec des feuilles de laurier-cerise, dans une atmosphère de CO^2, les effets ne seront plus les mêmes et la vapeur mercurielle pourra agir fort longtemps sans affaiblir beaucoup la caractéristique de dessiccation des feuilles.

Le tableau suivant reproduit les caractéristiques de quelques feuilles de laurier-cerise exposées préalablement aux vapeurs mercurielles soit dans l'air pur, dans CO^2 pur ou dans un mélange d'air et de CO^2. Dans ces mélanges, la proportion d'air était très faible de façon que l'atmosphère ne renfermait jamais plus de 12 à 15 centimètres cubes d'air par gramme de feuilles en expérience.

Feuille témoin (non mercurialisée)	132
Feuille mercurialisée dans l'air pendant 47 heures à la température de 20°	17
Feuille mercurialisée dans l'air pendant 214 heures à la température de 18°	10
Feuille mercurialisée dans CO^2 pendant 214 heures à la température de 20°	303
Feuille mercurialisée dans CO^2 pendant 73 heures à la température de 18°	145
Feuille mercurialisée dans CO^2 pendant 432 heures à la température de 19°	118
Feuille mercurialisée dans CO^2 pendant 1104 heures à la température de 20°	114
Feuille mercurialisée dans mélange d'air et de CO^2 : 14 cc. d'air pour 1 gramme de feuilles, pendant 432 heures à la température de 19°	82
Feuille mercurialisée dans mélange d'air et de CO^2 : 12cc. d'air pour 1 gramme de feuilles, pendant 1104 heures à la température de 20°	102

Ces chiffres démontrent suffisamment que dans CO^2 pur la feuille de laurier n'est pas intoxiquée par la vapeur du mercure comme elle l'est dans l'air. Sa caractéristique même après quarante-cinq jours dans CO^2 est presque dix fois plus grande que ce qu'elle devient au bout de deux jours dans l'air. Elle diffère relativement peu de la caractéristique normale.

Ces premières expériences m'avaient fait supposer que la présence de l'oxygène était nécessaire à l'action du mercure caractérisée par l'abaissement du coefficient de dessiccation de la feuille, et

que l'atmosphère de CO^2 restait inerte par le fait seul de l'absence d'oxygène.

D'autres expériences sont venues modifier cette interprétation et montrer que même en l'absence d'oxygène on pouvait obtenir tous les indices de la mercurialisation.

En effet si on remplace l'acide carbonique par l'hydrogène les choses se passent différemment et l'on obtient la mercurialisation sinon aussi rapidement que dans l'air, du moins incomparablement plus vite que dans CO^2.

Trois feuilles semblables de laurier-cerise sont exposées aux vapeurs mercurielles pendant soixante-dix heures à la température de 20°, l'une dans l'air, l'autre dans l'hydrogène et la troisième dans CO^2. Ces feuilles donnent ensuite les caractéristiques suivantes :

Feuille mercurialisée dans l'air	18
Feuille mercurialisée dans l'hydrogène	147
Feuille mercurialisée dans CO^2	231

Dans une autre expérience on plaça à la fois dans l'appareil de mercurialisation une feuille de lilas et une feuille de vigne vierge. Leur séjour dans l'appareil fut seulement de huit heures à la température de 20 degrés. Un appareil contenait de l'air, l'autre de l'hydrogène.

	Lilas.	Vigne vierge.
Feuille normale, non mercurialisée	72	94
Feuille mercurialisée dans l'air	35	50
Feuille mercurialisée dans l'hydrogène	24	49

D'après cela, l'oxygène ne paraît pas être un agent nécessaire de la mercurialisation et pour certaines feuilles l'hydrogène le remplace avec avantage.

La préservation de la feuille de laurier-cerise dans l'acide carbonique doit donc dépendre d'une propriété particulière de ce gaz qui, vis-à-vis la feuille, le poserait en antagoniste de la vapeur de mercure. Cette interprétation s'accorde avec l'observation que généralement les caractéristiques des feuilles après séjour dans CO s'élèvent au-dessus des caractéristiques normales (Voy. *graphique* de la p. 9). On serait même tenté de la généraliser lorsqu'on pense au rôle important joué par CO^2 dans l'économie de la feuille, et à la puissante affinité de ses tissus pour ce gaz. Mais les généralisations précipitées sont toujours dangereuses et pour me le prou-

ver dans le cas présent, il m'a suffi de substituer des feuilles d'Aucuba aux feuilles de laurier-cerise. Les résultats des expériences se sont trouvés complètement renversés; l'action préservatrice de CO^2 est devenue une action accélératrice et par contre l'hydrogène est devenu jusqu'à un certain point préservateur.

Je transcris dans le tableau suivant trois séries de déterminations faites avec des feuilles d'Aucuba mercurialisées comparativement dans l'air, l'hydrogène et CO^2.

	AUCUBA JAPONICA.	MERCURIALISATION. Durée.	MERCURIALISATION. Température.	Caractéristique.
1re série	Témoin non mercurialisé	»	»	566
	Feuille mercurialisée dans l'hydrogène.	288h	8°	511
	Feuille mercurialisée dans l'air	288h	8°	118
2e série	Témoin non mercurialisé	»	»	617
	Feuille mercurialisée dans l'hydrogène.	144h	20°	654
	Feuille mercurialisée dans l'air	120h	20°	243
	Feuille mercurialisée dans CO^2	144h	20°	170
3e série	Feuille mercurialisée dans l'air	144h	20°	466
	Feuille mercurialisée dans CO^2	144h	20°	167

Les valeurs absolues des caractéristiques varient sans doute en raison de l'âge des feuilles, l'époque des expériences et autres circonstances dont il eût été difficile de tenir compte, mais les variations des valeurs relatives sont toutes dans le même sens et s'accordent à montrer que pour l'Aucuba c'est CO^2 l'agent accessoire le plus actif de la mercurialisation. Il dépasse même sous ce rapport l'air classé jusqu'ici le premier d'après toutes les expériences faites sur les autres feuilles. Par contre l'hydrogène dont le rôle se rapprochait beaucoup de celui de l'air est devenu pour la feuille d'Aucuba un préservateur de la mercurialisation comme l'était CO^2 pour le laurier-cerise.

Ces faits sont, quant à présent, inexplicables. Ils dépendent certainement de ces actions délicates et complexes qui sont l'objet de la chimie physiologique proprement dite.

Quelques observations sur le mécanisme d'absorption des vapeurs mercurielles par les feuilles. — Par des expériences déjà anciennes M. Merget a fait voir que la vapeur du mercure n'était pas dialysée par la cuticule des plantes et qu'elle n'avait accès que par la voie des stomates. J'ai pu constater l'exactitude de cette affirmation par une méthode facile et démonstrative.

Si dans une rondelle de liège on creuse une cavité dans laquelle

on verse un peu de mercure, on aura ce que, par abréviation, j'appellerai une *ventouse mercurielle*. Il sera facile avec des épingles et une contre-plaque de liège de la fixer à la face supérieure ou inférieure d'une feuille de manière que l'une de ces faces seulement soit exposée à la vapeur du mercure.

Si on applique cette ventouse à la face supérieure d'une feuille de laurier-cerise non détachée de l'arbre, elle pourra y rester indéfiniment sans causer à la feuille aucune altération. Posée au contraire à la face inférieure, au bout de deux ou trois jours elle déterminera une altération visible, circonscrite, amenant rapidement la modification des tissus correspondants, et la chute de ces tissus nécrosés, véritable escharre au milieu des parties saines non atteintes par la vapeur métallique. On sait que la face inférieure de la feuille de laurier-cerise est abondamment pourvue de stomates tandis que ces organes font défaut à la face supérieure. Tandis donc que l'épiderme sans stomates de la face supérieure est restée impénétrable aux vapeurs mercurielles, les stomates de l'autre face leur ont donné accès dans les profondeurs des tissus et déterminé l'intoxication de ces parties. Voulant savoir ce qu'il adviendrait en appliquant des ventouses mercurielles à des feuilles dressées, pourvues de stomates sur les deux faces, j'ai fait l'expérience avec des feuilles de maïs dans leur état naturel. Résultat imprévu : même après un temps relativement très long ces feuilles n'ont donné aucun indice de mercurialisation. Cela vient-il de ce que la vapeur mercurielle qui pénètre par les stomates d'une face peut facilement s'échapper par ceux de l'autre sans subir de condensation dans les tissus? C'est là peut-être l'explication; mais comme l'observation est unique et n'a pas été répétée, je ne la cite qu'avec réserve, à titre de renseignement pouvant suggérer une étude spéciale qui ne manquerait pas d'intérêt.

C'est à ce titre et avec les mêmes réserves que je parlerai enfin d'autres expériences instituées dans le but d'étudier l'action du mercure sur des feuilles, non plus détachées comme précédemment, mais au contraire adhérentes à leur tige et pouvant réparer facilement les pertes aqueuses de la transpiration. J'espérais pouvoir constater dans ces conditions si la vapeur mercurielle agissait réellement sur la fonction transpiratoire proprement dite comme elle le fait sur la respiration, c'est-à-dire en l'activant, la surexcitant pendant la période comprise entre les premières atteintes du poison

et la mort définitive du végétal. L'obstacle à ces expériences est la nécessité de renfermer les plantes dans une atmosphère limitée et d'obtenir ainsi la saturation hygrométrique en même temps que la saturation mercurielle. Or si, pour diminuer cette humidité extrême qui s'oppose à la transpiration, on introduit sous la cloche un condensateur hygrométrique, tel qu'une capsule de chlorure de calcium, on ne rétablit par ainsi les conditions physiologiques de la plante dont la fonction et particulièrement la transpiration se montrent profondément troublées.

Ayant coupé deux rameaux de lilas aussi semblables que possible quant à l'âge, au nombre et à la surface des feuilles qu'ils portaient, je fis tremper l'extrémité de chacun d'eux dans un flacon d'eau distillée. L'un fut placé sous une cloche relativement assez grande contenant une capsule avec chlorure de calcium, l'autre resta près de la cloche, à l'air libre. On mesurait la transpiration en pesant les flacons, et comme témoins on pesait aussi deux petits vases pleins d'eau, servant d'évaporomètre, de même surface : l'un était sous la cloche et l'autre à l'air libre près du second rameau. En prenant pour coefficient de transpiration le rapport d'évaporation par les feuilles à celle des évaporomètres ramenée à l'unité de surface et de temps voici ce que j'ai constaté. A l'air libre, le coefficient de transpiration se maintient en moyenne à 0, 06 pendant plus de quarante jours. Après cette longue période les feuilles n'offraient d'autre altération visible qu'un commencement de dessiccation qui annonçait qu'elles avaient consommé une grande partie de leur réserve aqueuse, mais cette perte semblait rester dans les limites de la tolérance physiologique et les feuilles gardaient intacte leur fonction chlorophyllienne comme on put le vérifier.

Quant au rameau placé sous la cloche, le coefficient de transpiration d'abord de 0, 20 tomba en six ou sept jours à 0, 03. L'expérience se termina à cette époque par la chute spontanée des feuilles. On serait porté à attribuer cette terminaison à une évaporation trop rapide provoquée par le chlorure de calcium et cependant en comparant le travail de l'évaporomètre à l'air libre et sous la cloche on trouva que ce dernier ne dépassait pas en moyenne les 76/100 du premier, c'est-à-dire que l'atmosphère était plutôt moins desséchante sous la cloche qu'à l'extérieur.

Quoi qu'il en soit il ne fallait pas espérer mettre en évidence par cette méthode les troubles causés à la transpiration normale d'un

rameau par les vapeurs mercurielles, j'ai répété en effet l'expérience en plaçant sous les cloches du mercure à côté du chlorure de calcium : les résultats n'ont pas différé qu'il y eût ou non du mercure.

D'autres observations rapprochées de ces résultats négatifs m'ont conduit à admettre que dans la feuille mercurialisée les cellules ou en général les organes de ses tissus sont devenus *indifférents* à l'eau, aussi impuissants à retenir celle qu'ils ont, qu'à emprunter celle des organes voisins restés sains. La circulation est interrompue par défaut de *conduction*, et l'eau amenée par la tige s'arrête aux cellules mercurialisées devenues incapables de s'en emparer et de la transmettre. De là l'effet des ventouses mercurielles produisant des escharres de matière desséchée qui se détachent au milieu des parties saines.

En résumé :

Sans me dissimuler les lacunes de ce travail je crois cependant qu'il ajoute deux faits nouveaux à ceux déjà connus sur l'altération fonctionnelle des plantes par la vapeur du mercure, et je crois aussi que ces faits peuvent avoir une certaine importance en fournissant des méthodes spéciales à des recherches délicates de physiologie végétale. Le premier fait constaté est l'activité plus grande de la fonction respiratoire dès que la feuille subit les atteintes du mercure. Cet effet au reste n'est pas particulier à la vapeur du mercure; d'autres agents paraissent le produire et dans un autre travail je montrerai que l'électricité est de ce nombre. Le second, bien imprévu, est l'abolition plus ou moins complète de ce qu'on est convenu d'appeler la *résistance de la feuille à la dessiccation :* propriété physiologique proprement dite qui varie singulièrement d'une espèce de feuille à l'autre sans que jusqu'ici on ait pu expliquer suffisamment ces différences par des considérations histologiques ou physiques, telles que la capillarité, l'hygrométricité, etc., etc. Les circonstances qui accompagnent et règlent l'intoxication mercurielle, et tout particulièrement les modifications singulières subies par cette action d'après l'espèce de feuille en expérience, suivant la nature du gaz servant de véhicule à la vapeur métallique, caractérisent un phénomène très complexe comme tous ceux qui de près touchent aux conditions de la vie.

Si on remarque qu'un litre d'air atmosphérique, saturé de vapeur mercurielle à la température de 20° contient tout au plus

$0^{gr},00071$ de ce métal, et que cependant cette quantité suffit pour produire en quelques heures la mercurialisation complète de 30 grammes au moins de feuilles fraîches, si l'on considère encore le peu d'activité chimique apparente du mercure vis-à-vis les espèces chimiques définies dont l'analyse reconnaît la présence dans l'économie végétale, il devient difficile de trouver des analogies pour classer la mercurialisation parmi les phénomènes mécaniques ou chimiques reconnus jusqu'ici comme facteurs physiologiques.

REVUE DES TRAVAUX PUBLICS EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER

Agriculture

Recherches sur l'ensilage, par Sir JOHN BENNET LAWES[1]. — Les expériences exécutées cette année sur l'ensilage ont porté sur du trèfle rouge et de l'herbe de prairie. Les récoltes furent hachées et pesées à leur entrée dans le silo, et on les pesa de nouveau quand on les en sortit. Nous avons ainsi, en suivant les opérations avec le plus grand soin, cherché à déterminer exactement les pertes qui se produisent pendant l'ensilage. Nous avons adopté dans toutes nos expériences ce que l'on appelle l'ensilage acide. Les résultats généraux que nous avons obtenus peuvent se résumer ainsi :

1° Les récoltes qui ont été coupées en vert et mises immédiatement dans le silo, sont encore, après plusieurs mois, un très bon aliment pour le bétail;

2° Pendant la fermentation dans le silo, une partie de l'azote des plantes vertes est dissipé; de plus les matières albuminoïdes se transforment partiellement en d'autres matières d'une valeur alimentaire beaucoup moindre;

3° Les autres matières alimentaires subissent une perte considérable, atteignant à peu près un dixième de leur poids primitif : d'un autre côté, il est assez peu probable que la fermentation convertisse en substances alimentaires des matières qui ne l'étaient pas à leur état primitif;

4° Dans presque tous les cas, les vaches prennent volontiers les plantes ensilées, et si l'on y ajoute d'autres plantes convenablement choisies — le mélange — bien que très inférieures aux betteraves peut être employé avec succès à l'alimentation des vaches laitières;

5° Les plantes ensilées peuvent servir à engraisser les bœufs, si on les emploie avec des tourteaux et du blé; les résultats sont aussi satisfaisants que ceux donnés par des mélanges de trèfle fané, de tourteaux et de blé.

Ces résulats ne confirment pas tout à fait les avantages exagérés que quelques auteurs attribuent à la pratique de l'ensilage; ils prouvent néanmoins que l'on peut obtenir par cette pratique un aliment très profitable, et il serait à désirer de voir s'étendre plus loin les recherches à ce sujet. Depuis la publication de nos expériences, des travaux très importants ont été entrepris

1. *The agricultural Gazette*, 20 septembre 1886.

sous les auspices de la Société royale d'agriculture. Six silos ont été remplis d'herbe, et on a obtenu les diverses qualités d'ensilage par des pressions à différentes périodes. Mais comme il se produisit dans les trois fosses d'ensilage doux des pertes de matière sèche bien différentes, on ne sait pas exactement si les pertes sont plus considérables pendant l'ensilage doux que pendant l'ensilage acide. En prenant la moyenne des six expériences, les pertes dues à la fermentation atteignirent environ 14 p. 100; cette quantité concorde bien avec les résultats que nous avons obtenus sur l'herbe verte. Les pertes de matière sèche dans le foin furent inférieures à 3 p. 100, et l'analyse montre que l'herbe sous cette forme avait subi beaucoup moins de pertes que l'herbe dans l'une et l'autre sorte d'ensilage. Les partisans de cette pratique agricole insistent beaucoup sur l'importance de l'humidité dans les aliments, et il y a certainement là un sujet qui donnera lieu à une série d'expériences instructives; Cependant les résultats obtenus à Bristol montrent clairement la supériorité du foin bien fait sur l'ensilage doux ou acide.

Les récoltes que nous avons placées dans nos silos l'année dernière étaient les premières et deuxièmes coupes de trèfle rouge et d'avoine. Pour le trèfle rouge, nous montrerons seulement les changements qui se sont produits dans le silo, et les pertes dues à la fermentation qui modifient sensiblement ses propriétés nutritives. Quant à l'avoine, nous comparerons la récolte ensilée avec une récolte d'avoine mûrie sur pied. On remarquera que le rapport de la graine aux autres parties de la plante varie beaucoup dans les récoltes habituelles, ainsi pour l'orge, le poids de la graine est souvent égal à celui de la paille; au contraire, une première récolte de trèfle rouge donnera à peine quelques graines, et il en est ainsi de beaucoup d'autres pâturages. On peut espérer d'après cela que, à l'époque de la floraison ou un peu après, une plante, dont la graine est très abondante par rapport à la tige et aux feuilles, augmentera beaucoup plus de poids entre l'époque de la floraison et celle de la maturité, qu'une autre plante à graine moins abondante. On dit que le bon moment pour la fenaison est celui où les plantes sont en fleurs, et que si l'on attend davantage, les tiges deviennent plus dures et plus ligneuses; et bien qu'il puisse y avoir plus de matière sèche formée, elle consiste en matières ligneuses plutôt que nutritives. Il est vrai que pour les céréales, les tiges durcissent également beaucoup après la floraison; mais, à cette même époque, le poids de la graine augmente rapidement, et il y aurait une grande perte de matières alimentaires dans les récoltes à graines abondantes, si on les coupait au moment de la floraison.

Le silo n° 2 reçut 80 tonnes de la première récolte de trèfle rouge, et 48 tonnes de la deuxième. Ces deux récoltes pesaient, quand on les coupa, la première 850 kilogrammes et la deuxième 450 par mètre cube. De plus, la première récolte contenait seulement 17 p. 100 de matière sèche, et la seconde 25 p. 100. Il faut rappeler ici que, quand le silo fut rempli et pressé, le silo n° 1, qui était vide, n'était séparé de celui-ci que par un mur assez peu épais; la pression y produisit une petite crevasse, et on recueillit sur le sol du silo vide 1850 kilogrammes de jus.

Le présent tableau donne les résultats et la composition de la première et de la deuxième coupe de trèfle rouge placée dans le silo n° 2.

EXPÉRIENCES DE ROTHAMSTED SUR L'ENSILAGE (1885-86)

	MATIÈRE FRAICHE.	MATIÈRE SÈCHE.	CENDRES.	AZOTE.	MATIÈRE ORGANIQUE SÈCHE.	MATIÈRE AZOTÉE = Az × 6.25	MATIÈRE NON AZOTÉE.	EAU.
Récolte à son entrée dans le silo.								
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
2e récolte de trèfle rouge.	49.020	212.38	1.023	355	11.215	2.222	8.992	36.781
1re récolte de trèfle rouge.	81.357	14.069	1.378	390	12.691	2.443	10.247	67.258
Total	130.347	26.307	2.401	745	23.906	4.665	19.239	104 039
Récolte à sa sortie du silo.								
2e récolte de trèfle rouge.	46.197	11.971	984	364	10.987	2.276	8.711	34.225
1re récolte de trèfle rouge.	47.000	10.151	906	277	9.245	1.735	7.508	36.848
Total	93.197	22.122	1.890	641	20.232	4.011	16.219	71.073
Perte des éléments.								
2e récolte de trèfle rouge.	2.823	267	39	+ 9.0	228	+ 54	281	2.556
1re récolte de trèfle rouge.	34.327	3.918	472	11.8	3.446	708	2.734	30.410
Total	37.150	4.185	511	2.8	3.674	654	3.015	32.966
Perte p. 100 de chaque élément.								
2e récolte de trèfle rouge.	5.8	2.2	3.9	+ 2.4	2.0	+ 2.4	3.1	6.9
1re récolte de trèfle rouge.	42.2	27.8	34.2	29.0	27.2	29.0	26.7	45.2
Total	28.5	15.9	21.3	14.0	15.4	14.0	15.7	31.7
Perte p. 100 de récolte fraîche.								
2e récolte de trèfle rouge.	5.8	0.6	0.08	+ 0.02	0.5	+ 0.1	0.6	5.2
1re récolte de trèfle rouge.	42.2	4.8	0.58	0.14	4.2	0.9	3.4	37.4
Total	28.5	3.2	0.39	0.08	3.8	0.5	2.3	25.3

Le jus que l'on trouva dans le silo vide explique dans une petite mesure la perte énorme qui s'est produite. Sur les 80 tonnes de la première récolte verte ensilée, on n'en retrouvera que 46, c'est-à-dire que 34 tonnes avaient disparu par le drainage, la fermentation ou l'évaporation. L'année dernière, il y eut une grande déperdition d'eau, mais la perte de matière sèche, dans l'ensilage de trèfle rouge, fut comparativement petite. Cette année cependant, la perte de matières alimentaires est très considérable; elle atteint environ 28 p. 100 de la matière sèche.

La perte de matière sèche a été d'environ 4 tonnes sur les 14 que contenait le trèfle à son entrée dans le silo. Les matières azotées ont perdu environ un

tiers de leur poids primitif, et les matières minérales presque la moitié. Ces pertes sont dues en grande partie au drainage, plutôt qu'à la fermentation; mais il ne faut pas oublier que dans les expériences allemandes — qui ont été faites dans des tonneaux étanches, — la fermentation a occasionné des pertes égales et même supérieures à celles que nous avons eues avec notre trèfle, tandis qu'en même temps, il ne se faisait qu'une très petite déperdition d'humidité.

D'après ce qui précède, il semblerait donc profitable, soit de diminuer la pression dans le silo, soit d'y apporter les récoltes à un degré d'humidité un peu moindre. Cette année, notre trèfle contenait au commencement de l'ensilage, 82,50 p. 100 d'eau, quantité bien supérieure à celle de l'année précédente. Une partie de la deuxième récolte de trèfle rouge fut mise en meule pendant quelques jours avant son entrée dans le silo; la plante contenait encore 75 p. 100 d'eau, que l'on peut, il est vrai, attribuer en partie à des pluies survenues pendant ce temps. On remarquera qu'il ne se fait dans le silo qu'une très petite perte d'humidité, et que la pression qui a produit dans la première récolte de trèfle ensilé un poids de 30 kilogrammes, n'a produit dans la seconde que la moitié de ce poids.

Physiologie végétale.

Contributions à l'histoire de la fonction chlorophyllienne, par M. ATSUKÉ NAGAMATSZ (de Tokio, Japon). — L'auteur a entrepris, sous la direction de M. Sachs, d'élucider trois points relatifs à l'assimilation du carbone:

1° Les plantes aériennes peuvent-elles assimiler sous l'eau?

2° La lumière qui a traversé une feuille est-elle capable d'effectuer de nouveau le travail de l'assimilation dans une autre feuille?

3° Quelle est l'influence de la fanaison sur l'assimilation?

La réponse à la première de ces questions est conforme à ce que nous savons par les travaux de M. Mer. Les feuilles des plantes aériennes ne forment pas d'amidon sous l'eau chargée d'un peu d'acide carbonique, quoiqu'elles absorbent une quantité notable de ce gaz. Elles en forment au contraire, lorsque, plongées dans l'eau, elles restent couvertes d'une couche d'air qui leur donne un aspect argenté, et qu'il faut éloigner à l'aide d'une barbe de plume si on veut obtenir un résultat valable.

La solution du deuxième problème a été également négative, la lumière qui a traversé une feuille de $0^{mm},2$ d'épaisseur a complètement perdu son pouvoir assimilateur.

L'auteur rappelle à ce sujet une remarque intéressante de M. Sachs : chez les plantes grasses, les *Cereus*, *Opuntia*, etc., la couche de tissu qui renferme de la chorophylle est toujours très faible.

Les feuilles fanées ne forment pas d'amidon : fait que M. Kreusler avait déjà annoncé.

Le Gérant : G. MASSON.

TABLE

DES MATIÈRES DU TOME XII

TABLE

PAR ORDRE DE MATIÈRES

Pages.

TABLE

PAR NOMS D'AUTEURS

FIN DE LA TABLE ET DU TOME XII

Bourloton. — Imprimeries réunies, B, rue Mignon, 2.

